

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Учебное пособие

Г.М. Петрова, С.А. Курбатова, О.Е. Соляник

РУССКИЙ ЯЗЫК
В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Часть 1

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Г.М. Петрова, С.А. Курбатова, О.Е. Соляник

РУССКИЙ ЯЗЫК В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В трех частях

Часть 1

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия
для иностранных студентов, магистрантов и аспирантов
инженерного профиля обучения*

М о с к в а
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2 0 1 0

УДК 808.2
ББК 81.2Рус
П29

Рецензенты: *Т.П. Скорикова, И.А. Орехова*

Петрова Г.М.

П29 Русский язык в техническом вузе : учеб. пособие / Г.М. Петрова, С.А. Курбатова, О.Е. Соляник : в 3 ч. — ч. 1. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 107, [1] с. : ил.

В учебном пособии представлены тексты для аудирования, тексты для самостоятельной работы учащихся, к которым прилагаются соответствующие задания, даны модели планов разных типов с соответствующими текстами, а также необходимый грамматический материал и задания, составленные с учетом коммуникативных потребностей учащихся. Пособие соответствует содержанию и требованиям «Государственного стандарта по русскому языку как иностранному», а также Учебно-методическому комплексу дисциплин (Программа по русскому языку для иностранных бакалавров первого курса МГТУ им. Н.Э. Баумана) — дисциплина «Русский язык как иностранный».

Для иностранных учащихся, сдавших экзамен на первый сертификационный уровень, а также для аспирантов технических вузов.

УДК 808.2
ББК 81.2Рус

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемое учебное пособие представляет собой комплекс, состоящий из трех частей, взаимно дополняющих друг друга. Оно соответствует содержанию и требованиям «Государственного стандарта по русскому языку как иностранному» («Государственный стандарт по русскому языку как иностранному. Второй уровень владения русским языком в учебно-профессиональной сфере. Для учащихся естественнонаучного, медико-биологического и инженерно-технического профилей / Авт. кол.: И.К. Гапочка, В.Б. Куриленко, Л.А. Титова. М.: Изд-во РУДН, 2003), а также Учебно-методическому комплексу дисциплин (Программа по русскому языку для иностранных бакалавров первого курса МГТУ им. Н.Э. Баумана / Авт. О.Е. Соляник, 2008).

Учебное пособие предназначено для иностранных учащихся, сдавших экзамен на первый сертификационный уровень, а также для аспирантов технических вузов.

Материал первой части пособия расположен не по урокам, что дает преподавателю свободу отбора учебных материалов в соответствии с методическими установками или конкретными условиями обучения в той или иной группе.

Структура первой части пособия такова: предложен ряд текстов для аудирования, направленных на развитие умений и навыков слушания и конспектирования лекций и последующего устного воспроизведения прослушанного и записанного материала. Далее приведены тексты для самостоятельного чтения учащимися с последующим составлением планов разных типов и устным воспроизведением содержания с опорой на план, схему, рисунок либо без них.

Текстовый материал взят из учебного пособия «Курс общей физики» (авт. И.В. Савельев: в 5 кн. М.: Астрель; АСТ, 2004), по-

скольку физика является одной из основных дисциплин, изучаемых в инженерном вузе, и входит во все учебные студенческие планы.

Перед разделом «Тексты для самостоятельной работы» даны модели планов разных типов с соответствующими текстами. Характер предлагаемых обучающих заданий таков, что позволяет студентам самостоятельно выполнять их без непосредственного контроля со стороны преподавателя (или под контролем преподавателя — в зависимости от уровня группы учащихся).

Отбор грамматических тем обусловлен текстовым материалом и частотностью встречающихся в научном стиле речи грамматических конструкций.

В приложении к первой части пособия приведены грамматические темы и задания, направленные на повторение и совершенствование знаний в области общего владения языком, на повторение грамматической системы русского языка (приведены таблицы с образцами склонения существительных, прилагательных, местоимений, числительных; дано образование видов глагола, глаголов движения, причастий, деепричастий). Основное место уделяется заданиям творческого типа — учащимся предлагается закончить предложения, самим построить высказывание, используя ту или иную грамматическую форму.

При изложении грамматического материала авторы опирались на классический учебник В.И. Максимова, С.А. Хватова, В.А. Лукашева, Г.М. Левиной «Учебник русского языка для иностранных студентов I курса технических вузов СССР» (М.: Рус. яз., 1990).

ТЕКСТЫ ДЛЯ АУДИРОВАНИЯ

Слушайте текст и конспектируйте.

Фотоионизация

Электромагнитное излучение состоит из элементарных частиц, которые называются фотонами. Фотон может быть поглощен молекулой, причем его энергия идет на возбуждение молекулы или ее ионизацию. В этом случае ионизация молекулы называется *фотоионизацией*. Непосредственную (прямую) фотоионизацию способно вызвать ультрафиолетовое излучение. Энергия фотона видимого света недостаточна для отщепления электрона от молекулы. Поэтому видимое излучение не способно вызвать прямую фотоионизацию. Однако оно может обусловить так называемую *ступенчатую фотоионизацию*. Этот процесс осуществляется в два этапа. На первом этапе фотон переводит молекулу в возбужденное состояние. На втором этапе происходит ионизация возбужденной молекулы за счет ее соударения с другой молекулой.

В газовом разряде возможно возникновение коротковолнового излучения, способного вызывать прямую фотоионизацию. Достаточно быстрый электрон может при ударе не только ионизировать молекулу, но и перевести образовавшийся ион в возбужденное состояние. Переход иона в основное состояние сопровождается испусканием излучения большей частоты, чем у излучения нейтральной молекулы. Энергия фотона такого излучения оказывается достаточной для непосредственной ионизации.

Ответьте на вопросы.

1. Каковы различия между непосредственной и ступенчатой фотоионизацией?

2. Почему в газовом разряде возможна непосредственная фотоионизация?

Слушайте текст и конспектируйте.

Испускание электронов поверхностью электродов

Электроны могут поступать в газоразрядный объем за счет *эмиссии* (испускания) их поверхностью электродов. Такие виды эмиссии, как термоэлектронная эмиссия, вторичная электронная эмиссия и автоэлектронная эмиссия, в некоторых видах разряда играют основную роль.

Термоэлектронной эмиссией называется испускание электронов нагретыми твердыми или жидкими телами. Вследствие распределения по скоростям в металле всегда имеется некоторое число свободных электронов, энергия которых достаточна для того, чтобы преодолеть потенциальный барьер и выйти за пределы металла. При комнатной температуре количество таких электронов ничтожно мало. Однако с повышением температуры количество электронов, способных покинуть металл, очень быстро растет и при температуре порядка 10^3 К становится вполне ощутимым.

Вторичной электронной эмиссией называется испускание электронов поверхностью твердого или жидкого тела при бомбардировке ее электронами или ионами. Отношение числа испущенных (вторичных) электронов к числу частиц, вызвавших эмиссию, называют коэффициентом вторичной эмиссии. В случае бомбардировки поверхности металла электронами значения этого коэффициента заключены в пределах от 0,5 (для бериллия) до 1,8 (для платины).

Автоэлектронной (или *холодной*) *эмиссией* называется испускание электронов поверхностью металла, которое происходит в том случае, когда вблизи поверхности создается электрическое поле очень большой напряженности. Это явление называют также вырыванием электронов электрическим полем.

Ответьте на вопросы.

1. Существуют ли различия в эмиссии электронов?
2. Что вы можете рассказать о различных видах эмиссии?

Слушайте текст и конспектируйте.

Плазма

Плазмой называется частично или полностью ионизированный газ, в котором положительные и отрицательные заряды в среднем нейтрализуют друг друга. В общем случае плазма состоит из электронов, положительных ионов и нейтральных атомов (или молекул). В пределах малых объемов строгое равенство чисел положительно и отрицательно заряженных частиц может нарушаться. Поэтому говорят, что плазма квазинейтральна (квази (латинская приставка) — мнимый, ненастоящий).

Плазма является преобладающим состоянием вещества во Вселенной. Звезды, галактические туманности и межзвездная среда представляют собой плазму, которую называют *четвертым состоянием* вещества. Один из верхних слоев атмосферы, называемый *ионосферой*, состоит из слабо ионизированной плазмы. Этот слой отражает радиоволны и делает возможной радиосвязь на больших расстояниях. В земных условиях плазма образуется при электрическом разряде в газах, в процессах горения и взрыва.

Сила взаимодействия между атомами и молекулами убывает с расстоянием очень быстро. Поэтому частицы газа взаимодействуют лишь при сильном сближении. Кулоновские силы убывают гораздо медленнее. Поэтому взаимодействие между частицами (электронами и ионами) в плазме постоянно влияет на их движение, вследствие чего для плазмы характерны коллективные процессы.

Дальнодействие кулоновских сил приводит к тому, что плазма может рассматриваться как упругая среда. Если группу электронов в плазме сдвинуть из их равновесного положения, то на них будет действовать электростатическая возвращающая сила. Это служит причиной того, что в плазме легко возбуждаются продольные колебания пространственного заряда.

Важнейшими техническими применениями плазмы являются управляемый термоядерный синтез и непосредственное преобразование теплоты в электрическую энергию в магнитогидродинамических генераторах (МГД-генераторах). Для протекания термоядерной реакции (т. е. объединения легких ядер в более тяжелые) вещество нужно нагреть до столь высокой температуры (порядка

10^8 К), при которой оно находится в состоянии плазмы. Задачу удержания плазмы в ограниченном объеме нельзя решить, поместив ее в обычный сосуд, потому что стенки любого сосуда при такой температуре немедленно испарятся. Поэтому для удержания плазмы используются сильные магнитные поля.

Ответьте на вопросы.

1. Почему говорят, что плазма квазинейтральна?
2. Каково свойство ионосферы?
3. Что мы можем сказать о силах взаимодействия между атомами и молекулами?
4. Где применяется плазма?

Слушайте текст и конспектируйте.

Энтропия

В изолированной термодинамической системе, казалось бы, возможны любые процессы, в ходе которых сохраняется внутренняя энергия системы. Однако это не так. Дело в том, что различные состояния, отвечающие одной и той же энергии, обладают разной вероятностью. Естественно, что изолированная система будет самопроизвольно переходить из менее вероятных в более вероятные состояния либо пребывать преимущественно в состоянии, вероятность которого максимальна.

Пусть, например, изолированная система состоит из двух тел, температура которых в начальный момент неодинакова. В такой системе будет протекать процесс теплопередачи, приводящий к выравниванию температуры. После того как температура обоих тел станет одинаковой, система будет оставаться в таком состоянии неограниченно долго. В изолированной системе невозможен процесс, в результате которого температура одного из одинаково нагретых тел стала бы больше или меньше другого.

В качестве второго примера можно привести процесс распространения газа на весь сосуд. Обратный процесс, в результате которого газ самопроизвольно собрался бы в одной из половин сосуда, невозможен. Это обусловлено тем, что вероятность состояния, при котором молекулы газа распределены поровну между обеими

половинами сосуда, очень велика, а вероятность состояния, при котором все молекулы газа находились бы в одной из половин сосуда, практически равна нулю.

Из сказанного следует, что для того чтобы определить, какие процессы могут протекать в изолированной термодинамической системе, нужно знать вероятность различных состояний этой системы. Величина, которая служит для характеристики вероятности состояний, носит название *энтропии*. Эта величина является, подобно внутренней энергии, функцией состояния системы.

В ходе необратимого процесса энтропия изолированной системы возрастает. Изолированная (т. е. предоставленная самой себе) система переходит из менее вероятных состояний в более вероятные, что сопровождается увеличением статистического веса, а следовательно, и функции. Энтропия изолированной системы, которая находится в равновесном состоянии, максимальна. Утверждение о том, что энтропия изолированной термодинамической системы может только возрастать либо по достижении максимального значения оставаться постоянной (другими словами, не может убывать), носит название *закона возрастания энтропии* или *второго начала термодинамики*.

Ответьте на вопросы.

1. Что можно сказать о поведении изолированной системы?
2. Почему в изолированной системе в случае неодинаковости температур тел возникает процесс теплопередачи?
3. Что представляют собой энтропия и закон возрастания энтропии?

Слушайте текст и конспектируйте.

Отличительные черты кристаллического состояния

Подавляющее большинство твердых тел в природе имеет кристаллическое строение. Так, например, почти все минералы и все металлы в твердом состоянии являются кристаллами.

Характерная черта кристаллического состояния, отличающая его от жидкого и газообразного состояний, заключается в наличии *анизотропии*, т. е. зависимости ряда физических свойств (механических, тепловых, электрических, оптических) от направления.

Тела, свойства которых одинаковы по всем направлениям, называются *изотропными*. Изотропны, кроме газов и, за отдельными исключениями, всех жидкостей, также аморфные твердые тела, представляющие собой переохлажденные жидкости.

Причиной анизотропии кристаллов служит упорядоченное расположение частиц (атомов и молекул), из которых они построены.

Упорядоченное расположение частиц проявляется в правильной внешней огранке кристаллов. Кристаллы ограничены плоскими гранями, которые пересекаются под некоторыми, определенными для каждого данного рода кристаллов углами. Раскалывание кристаллов легче происходит по определенным плоскостям, которые называются плоскостями спайности.

Правильность геометрической формы и анизотропия кристаллов обычно не проявляются по той причине, что кристаллические тела встречаются, как правило, в виде *поликристаллов*, т. е. конгломератов множества сросшихся между собой, беспорядочно ориентированных мелких кристалликов. В поликристаллах анизотропия наблюдается только в пределах каждого отдельно взятого кристаллика, тело же в целом вследствие беспорядочной ориентации кристалликов анизотропии не обнаруживает. Создав специальные условия кристаллизации, из расплава или раствора можно получить большие одиночные кристаллы — *монокристаллы* любого вещества. Монокристаллы некоторых минералов встречаются в природе в естественном состоянии.

Ответьте на вопросы.

1. В чем заключается отличие кристаллического состояния от жидкого и газообразного состояний?
2. Чем объясняется правильная внешняя огранка кристаллов?
3. Что вы можете сказать о поликристаллах и монокристаллах?

Слушайте текст и конспектируйте.

Ультраразреженные газы

В случае, когда длина свободного пробега молекул превышает линейные размеры сосуда, говорят, что в сосуде достигнут вакуум. Газ в этом случае называют *ультраразреженным*. Хотя в букваль-

ном смысле слово вакуум означает «пустоту», в ультраразреженном газе содержится в единице объема большое число молекул. Так, при давлении в 10^{-6} мм рт. ст. в 1 $м^3$ находится примерно 10^{16} молекул.

Поведение ультраразреженных газов отличается целым рядом особенностей. В условиях вакуума нельзя говорить о давлении одной части газа на другую. При обычных условиях молекулы часто сталкиваются друг с другом. Поэтому по любой поверхности, которой можно мысленно разграничить газ на две части, будет происходить обмен импульсами между молекулами. Следовательно, одна часть газа будет действовать по поверхности раздела на вторую с давлением p. В вакууме молекулы обмениваются импульсами только со стенками сосуда, так что имеет смысл лишь понятие давления газа на стенку. Внутреннее трение в газе также отсутствует. Однако тело, которое движется в ультраразреженном газе, будет испытывать действие силы трения, обусловленной тем, что молекулы, ударяясь об это тело, будут изменять его импульс.

Теперь обратимся к вопросу о передаче теплоты газом в условиях вакуума. Коэффициент теплопроводности в ультраразреженном газе пропорционален плотности газа. Следовательно, теплопередача от одной стенки к другой будет с понижением давления уменьшаться, в то время как теплопроводность газа при обычных условиях не зависит от давления.

Ответьте на вопросы.

1. Каковы особенности поведения ультраразреженных газов?
2. Что можно сказать о передаче теплоты газом в условиях вакуума?

Слушайте тексты и конспектируйте.

Центрированная оптическая система

Оптическая система представляет собой совокупность отражающих и преломляющих поверхностей, которые отделяют друг от друга оптически однородные среды. Обычно эти поверхности бывают сферическими или плоскими (плоскость можно рассматривать как сферу бесконечного радиуса). Реже применяются более сложные поверхности (эллипсоид, гиперболоид, параболоид вра-

щения и др.). Оптическая система, образованная сферическими (в частности, плоскими) поверхностями, называется *центрированной*, если центры всех поверхностей лежат на одной прямой. Эту прямую называют *оптической осью* системы.

Тонкая линза

Простейшей центрированной оптической системой является *линза*. Она представляет собой прозрачное (обычно стеклянное) тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями (в частном случае одна из поверхностей может быть плоской). Точки пересечения поверхностей с оптической осью линзы называются *вершинами* преломляющих поверхностей. Расстояние между вершинами именуется *толщиной* линзы. Если толщиной линзы можно пренебречь по сравнению с меньшим из радиусов кривизны ограничивающих линзу поверхностей, линза называется *тонкой*. Линза является далеко не идеальной оптической системой. Даваемые ею изображения предметов обладают рядом погрешностей.

Ответьте на вопросы.

1. Что вы можете рассказать об оптической системе?
2. В каком случае оптическая система называется центрированной?
3. Что можно сказать о линзе?

Слушайте текст и конспектируйте.

Интерференция световых волн

При наложении друг на друга когерентных[1] световых волн происходит перераспределение светового потока в пространстве, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других — минимумы интенсивности. Это явление называется *интерференцией* волн. Особенно отчетливо проявляется интерференция в том случае, когда интенсивность обеих интерферирующих волн одинакова.

---

[1] Волны называются *когерентными*, если разность фаз возбуждаемых волнами колебаний остается постоянной во времени. *Примеч. авт.*

При освещении какой-либо поверхности несколькими источниками света (например, двумя лампочками) должна, казалось бы, наблюдаться интерференционная картина с характерным для нее чередованием максимумов и минимумов интенсивности. Однако из повседневного опыта известно, что в указанном случае освещенность поверхности монотонно убывает по мере удаления от источников света и никакой интерференционной картины не наблюдается. Это объясняется тем, что естественные источники света не когерентны. Некогерентность естественных источников света обусловлена тем, что излучение светящегося тела слагается из волн, испускаемых многими атомами. Фаза нового цуга волн никак не связана с фазой предыдущего цуга.

Когерентные световые волны можно получить, разделив (с помощью отражений и преломлений) волну, излучаемую одним источником, на две части. Если заставить эти две волны пройти разные оптические пути, а потом наложить их одна на другую, наблюдается интерференция. Разность оптических длин путей, проходимых интерферирующими волнами, не должна быть очень большой, так как складывающиеся колебания должны принадлежать одному и тому же результирующему цугу волн. Если эта разность будет порядка 1 м, наложатся колебания, соответствующие разным цугам, и разность фаз между ними будет непрерывно меняться хаотическим образом.

Ответьте на вопросы.

1. Какое явление называется интерференцией волн?
2. Что происходит при освещении поверхности несколькими естественными источниками света?
3. Как вы думаете, чем обусловлена некогерентность естественных источников?
4. Каким образом можно получить когерентные световые волны?

Слушайте текст и конспектируйте.

Дифракция света

Дифракцией называется совокупность явлений, наблюдаемых при распространении света в среде с резкими неоднородностями

(например, вблизи границ непрозрачных или прозрачных тел, сквозь малые отверстия и т. п.) и связанных с отклонениями от законов геометрической оптики. Дифракция, в частности, приводит к огибанию световыми волнами препятствий и проникновению света в область геометрической тени. Огибание препятствий звуковыми волнами (т. е. дифракция звуковых волн) наблюдается постоянно в обыденной жизни. Для наблюдения дифракции световых волн необходимо создание специальных условий. Это обусловлено малостью длин световых волн.

Между интерференцией и дифракцией нет существенного физического различия. Оба явления заключаются в перераспределении светового потока в результате суперпозиции волн. По историческим причинам перераспределение интенсивности, которое возникает в результате суперпозиции волн, возбуждаемых конечным числом дискретных когерентных источников, принято называть интерференцией волн. Перераспределение интенсивности, которое возникает вследствие суперпозиции волн, возбуждаемых когерентными источниками, расположенными непрерывно, принято называть дифракцией волн. Поэтому говорят, например, об интерференционной картине от двух узких щелей и о дифракционной картине от одной щели. Наблюдение дифракции осуществляется обычно по следующей схеме. На пути световой волны, которая распространяется от некоторого источника, помещается непрозрачная преграда, закрывающая часть волновой поверхности световой волны. За преградой располагается экран, на котором возникает дифракционная картина.

Ответьте на вопросы.

1. Когда наблюдается дифракция?
2. К чему приводит дифракция?
3. Что вы можете сказать о различиях между дифракцией и интерференцией?

Слушайте текст и конспектируйте.

Вращение плоскости поляризации. Естественное вращение

Некоторые вещества, называемые *оптически активными*, обладают способностью вызывать вращение плоскости поляризации

проходящего через них плоскополяризованного света. К числу таких веществ принадлежат кристаллические тела (например, кварц), чистые жидкости (например, скипидар) и растворы оптически активных веществ в неактивных растворителях (водные растворы сахара, винной кислоты и др.).

Кристаллические вещества сильнее всего вращают плоскость поляризации в случае, когда свет распространяется вдоль оптической оси кристалла. Угол поворота φ пропорционален пути l, пройденному лучом в кристалле:

$$\varphi = \alpha l.$$

Коэффициент α называют *постоянной вращения*. Эта постоянная зависит от длины волны (дисперсия вращательной способности).

В растворах угол поворота плоскости поляризации пропорционален пути света в растворе l и концентрации активного вещества c:

$$\varphi = [\alpha]cl.$$

Здесь $[\alpha]$ — величина, называемая *удельной постоянной вращения*.

В зависимости от направления вращения плоскости поляризации оптически активные вещества подразделяются на *право-* и *левовращающие*. Направление вращения (относительно луча) не зависит от направления луча. Поэтому, если луч, прошедший через оптически активный кристалл вдоль оптической оси, отразить зеркалом и заставить пройти через кристалл еще раз в обратном направлении, то восстанавливается первоначальное положение плоскости поляризации.

Ответьте на вопросы.

1. Какой способностью обладают оптически активные вещества?
2. При каком условии кристаллические вещества сильнее всего вращают плоскость поляризации?
3. На какие две группы можно подразделить оптически активные вещества?

Слушайте текст и конспектируйте.

Магнитное вращение плоскости поляризации

Оптически неактивные вещества приобретают способность вращать плоскость поляризации под действием магнитного поля. Это явление было обнаружено Фарадеем[2] и поэтому называется иногда *эффектом Фарадея*. Оно наблюдается только при распространении света вдоль направления намагниченности. Поэтому для наблюдения эффекта Фарадея в полюсных наконечниках электромагнита просверливают отверстия, через которые пропускается световой луч. Исследуемое вещество помещается между полюсами электромагнита. Угол поворота плоскости поляризации φ пропорционален пути l, проходимому светом в веществе, и намагниченности вещества. Намагниченность в свою очередь пропорциональна напряженности магнитного поля H. Поэтому можно написать, что

$$\varphi = VlH.$$

Коэффициент V называется *постоянной Верде* или *удельным магнитным вращением*. Постоянная V, как и постоянная вращения α, зависит от длины волны.

Направление вращения определяется направлением магнитного поля. От направления луча знак вращения не зависит. Поэтому если, отразив луч зеркалом, заставить его пройти через намагниченное вещество еще раз в обратном направлении, поворот плоскости поляризации удвоится.

Магнитное вращение плоскости поляризации обусловлено возникающей под действием магнитного поля прецессией электронных орбит. Оптически активные вещества под действием магнитного поля приобретают дополнительную способность вращать плоскость поляризации, которая складывается с их естественной способностью.

Ответьте на вопросы.

1. Какое явление называется эффектом Фарадея?
2. Чем определяется направление вращения?
3. Чем обусловлено магнитное вращение плоскости поляризации?

---

[2] Майкл Фарадей (1791 – 1867) — английский физик. *Примеч. авт.*

Слушайте текст и конспектируйте.

Опыт Боте[3]. Фотоны

Чтобы объяснить распределение энергии в спектре равновесного теплового излучения, достаточно допустить, что свет только испускается порциями. Для объяснения фотоэффекта достаточно предположить, что свет поглощается такими же порциями. Однако Эйнштейн выдвинул гипотезу, что свет распространяется в виде дискретных частиц, названных первоначально *световыми квантами*. Впоследствии эти частицы получили название *фотонов*[4].

Наиболее непосредственное подтверждение гипотезы Эйнштейна дал опыт немецкого физика Вальтера Боте. Тонкая металлическая фольга помещалась между двумя газоразрядными счетчиками. Фольга освещалась слабым пучком рентгеновских лучей (это явление называется *рентгеновской флуоресценцией*). Вследствие малой интенсивности первичного пучка количество квантов, испускаемых фольгой, было невелико. При попадании в счетчик рентгеновских лучей он срабатывал и приводил в действие особый механизм, делавший отметку на движущейся ленте. Если бы излучаемая энергия распространялась равномерно во все стороны, как это следует из волновых представлений, оба счетчика должны были бы срабатывать одновременно и отметки на ленте приходились бы одна против другой. В действительности же наблюдалось совершенно беспорядочное расположение отметок. Это можно объяснить лишь тем, что в отдельных актах испускания возникают световые частицы, летящие то в одном, то в другом направлении.

Итак, было экспериментально доказано существование особых световых частиц — *фотонов*.

Ответьте на вопросы.

1. Какую гипотезу выдвинул Эйнштейн?
2. Что представляет собой опыт Боте?

---

[3] Вальтер Боте (1891 – 1957) — немецкий физик.
[4] Термин «фотон» был введен в 1926 г.

Слушайте текст и конспектируйте.

Энергия молекулы

Рентгеновские спектры тяжелых элементов не зависят от того, в состав какого химического соединения входит данный элемент. Отсюда следует, что силы, которые удерживают атомы в молекуле, вызваны взаимодействием внешних электронов. Электроны внутренних оболочек при объединении атомов в молекулу остаются в прежних состояниях.

В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением только двухатомных молекул. Различают два вида связи между атомами в молекуле. Один их них осуществляется в том случае, когда электроны в молекуле можно разделить на две группы, каждая из которых все время находится около одного из ядер. Электроны распределяются так, что около одного из ядер образуется избыток электронов, а около другого — их недостаток. Таким образом, молекула как бы состоит из двух ионов противоположных знаков, притягивающихся друг к другу. Связь этого типа называется *гетерополярной* (или *ионной*). Примером молекул с гетерополярной связью могут служить NaCl, KBr и т. д.

Второй вид связи наблюдается в тех молекулах, в которых часть электронов движется около обоих ядер. Такая связь называется *гомеополярной* (или *ковалентной*, или *атомной*). Она образуется парами электронов с противоположно направленными спинами. Среди молекул этого типа следует различать молекулы с одинаковыми ядрами (H_2, N_2, O_2) и молекулы с разными ядрами (например, CN). В молекулах первого рода электроны распределены симметрично. В молекулах второго рода имеется некоторая асимметрия в распределении электронов, благодаря чему молекулы приобретают электрический дипольный момент.

Ответьте на вопрос.

1. Какие существуют различия между гетерополярной и гомеополярной связями?

Слушайте текст и конспектируйте.

Вынужденное излучение

В 1918 г. Эйнштейн обратил внимание на то, что двух видов излучения (спонтанных и вынужденных переходов) недостаточно для объяснения существования равновесия между излучением и веществом. Действительно, вероятность спонтанных переходов определяется лишь внутренними свойствами атомов и, следовательно, не может зависеть от интенсивности падающего излучения, в то время как вероятность вынужденных переходов зависит как от свойств атомов, так и от интенсивности падающего излучения. Для возможности установления равновесия при произвольной интенсивности падающего излучения необходимо существование «испускательных» переходов, вероятность которых возрастала бы с увеличением интенсивности излучения, т. е. «испускательных» переходов, вызываемых излучением. Излучение, которое возникает в результате таких переходов, называется *вынужденным* или *индуцированным*.

Исходя из термодинамических соображений, Эйнштейн доказал, что вероятность вынужденных переходов, сопровождающихся излучением, должна быть равна вероятности вынужденных переходов, сопровождающихся поглощением света. Таким образом, вынужденные переходы могут с равной вероятностью происходить как в одном, так и в другом направлении.

Вынужденное излучение обладает очень важными свойствами. Направление его распространения в точности совпадает с направлением распространения вынуждающего излучения, т.е. внешнего излучения, вызвавшего переход. То же самое относится к частоте, фазе и поляризации вынужденного и вынуждающего излучений. Следовательно, вынужденное и вынуждающее излучения оказываются строго когерентными (*когерентностью* называется согласованное протекание нескольких колебательных или волновых процессов). Эта особенность вынужденного излучения лежит в основе действия усилителей и генераторов света, называемых лазерами.

Ответьте на вопросы.

1. Чем различаются спонтанные переходы и вынужденные переходы?

2. Каковы были выводы Эйнштейна?
3. Что вы можете сказать о свойствах вынужденного излучения?

Слушайте текст и конспектируйте.

Нелинейная оптика

В световой волне, получаемой с помощью обычных (нелазерных) источников света, напряженность электрического поля E пренебрежимо мала по сравнению с напряженностью внутреннего микроскопического поля, действующего на электроны в веществе. По этой причине оптические свойства среды (в частности, показатель преломления) и характер подавляющего большинства оптических явлений не зависят от интенсивности света. В таком случае распространение световых волн описывается линейными дифференциальными уравнениями. Поэтому долазерную оптику можно назвать линейной. Отметим, что принцип суперпозиции световых волн (выражаемый в геометрической оптике законом независимости световых лучей) справедлив только в области линейной оптики. Правда, и до создания лазеров были известны нелинейные явления в оптике. К их числу относится, например, комбинационное рассеяние света. При комбинационном рассеянии наблюдается преобразование частоты монохроматической световой волны, что является признаком нелинейности процесса. Однако в подавляющем большинстве случаев оптические процессы были линейными.

После создания лазеров положение в оптике существенно изменилось. Квантовые генераторы позволяют получить световые волны с напряженностью поля, почти такой же, как и напряженность микроскопического поля в атомах. При таких полях показатель преломления зависит от напряженности E. В этом случае нарушается принцип суперпозиции; различные волны, которые распространяются в среде, оказывают влияние друг на друга, и возникает ряд нелинейных оптических явлений, таких, как нелинейное отражение света, самофокусировка света, оптические гармоники, многофотонные процессы.

Ответьте на вопросы.

1. Как вы думаете, почему оптические свойства среды не зависят от интенсивности света?

2. Как можно описать распространение световых волн?

3. Что стало возможным после появления квантовых генераторов?

Слушайте текст и конспектируйте.

Радиоактивность

Радиоактивностью называется самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, которое сопровождается испусканием элементарных частиц. Такие превращения претерпевают только нестабильные ядра. К числу радиоактивных процессов относятся:

1) α-распад;

2) β-распад (в том числе электронный захват);

3) γ-излучение ядер;

4) спонтанное деление тяжелых ядер;

5) протонная радиоактивность.

Радиоактивность, которая наблюдается у ядер, существующих в природных условиях, называется *естественной*. Радиоактивность ядер, которые получены посредством ядерных реакций, называется *искусственной*. Между искусственной и естественной радиоактивностью нет принципиального различия. Процесс радиоактивного превращения в обоих случаях подчиняется одинаковым законам.

Ответьте на вопросы.

1. Что вы можете рассказать о радиоактивных процессах?

2. Есть ли различие между искусственной и естественной радиоактивностью?

Слушайте текст и конспектируйте.

Термоядерные реакции

Ядерный синтез, т. е. слияние легких ядер в одно ядро, сопровождается, как и деление тяжелых ядер, выделением огромных количеств энергии. Поскольку для синтеза ядер необходимы очень

высокие температуры, этот процесс называется *термоядерной реакцией*.

На долю каждого сталкивающегося ядра приходится 0,35 МэВ. Средней энергии теплового движения, равной 0,35 МэВ, соответствует температура порядка $2 \cdot 10^9$ К. Однако синтез легких ядер может протекать и при значительно меньших температурах. Поэтому некоторые термоядерные реакции протекают с заметной интенсивностью уже при температурах порядка 10^7 К.

Особенно благоприятны условия для синтеза ядер дейтерия и трития, так как реакция между ними носит резонансный характер. Именно эти вещества образуют заряд водородной (или термоядерной) бомбы. Запалом в такой бомбе служит обычная атомная бомба, при взрыве которой возникает температура порядка 10^7 К. Реакция синтеза дейтрона и ядра трития сопровождается выделением энергии, равной 17,6 МэВ, что составляет около 3,5 МэВ на нуклон. Для сравнения укажем, что деление ядра урана приводит к высвобождению примерно 0,85 МэВ на нуклон.

В водородной бомбе термоядерная реакция носит неконтролируемый характер. Для осуществления управляемых термоядерных реакций необходимо создать и поддерживать в некотором объеме температуру порядка 10^8 К. При столь высокой температуре вещество представляет собой полностью ионизированную плазму.

На пути осуществления управляемой термоядерной реакции стоят огромные трудности. Наряду с необходимостью получить чрезвычайно высокие температуры возникает проблема удержания плазмы в заданном объеме. Соприкосновение плазмы со стенками сосуда приведет к ее остыванию. Кроме того, стенка из любого вещества при такой температуре немедленно испарится. А.Д. Сахаров предложил удерживать плазму в заданном объеме с помощью магнитного поля. Силы, действующие в этом поле на движущиеся заряженные частицы, заставляют их двигаться по траекториям, расположенным в ограниченной части пространства.

Осуществление управляемого термоядерного синтеза даст человечеству практически неисчерпаемый источник энергии. Поэтому работы по овладению управляемыми термоядерными реакциями ведутся во многих странах.

Ответьте на вопросы.

1. Что представляет собой термоядерная реакция?
2. Чем сопровождается ядерный синтез?
3. Что вы можете сказать о заряде водородной бомбы?
4. Какие трудности возникают на пути осуществления управляемой термоядерной реакции?
5. Что даст человечеству управляемый термоядерный синтез?

ТИПЫ ПЛАНОВ (МОДЕЛИ)

Простой назывной план

Прочитайте текст. Соотнесите смысловые части текста с пунктами приведенного ниже простого назывного плана.

Эффект Джозефсона

В 1962 г. Джозефсон[5] предсказал на основе теории сверхпроводимости существование явления, которое было обнаружено экспериментально в 1963 г. и получило название *эффекта Джозефсона*.

Эффект Джозефсона заключается в протекании сверхпроводящего тока через тонкий слой диэлектрика, разделяющий два сверхпроводника. Этот слой называется *контактом Джозефсона* и обычно представляет собой пленку оксида металла толщиной около 1 нм. Электроны проводимости проходят через диэлектрический контакт благодаря туннельному эффекту. Аналогичный эффект наблюдается, когда между сверхпроводниками находится тонкий слой металла в несверхпроводящем состоянии или полупроводника, а также если сверхпроводники соединены тонкой перемычкой, например, точечным контактом.

Различают два эффекта Джозефсона — стационарный и нестационарный.

Стационарный эффект наблюдается при условии, что ток через контакт Джозефсона не превышает определенного значения, называемого *критическим током контакта*. При стационарном эффекте падение напряжения на контакте отсутствует.

---

[5] Брайан Джозефсон (р. в 1940 г.) — английский физик.

Если ток через контакт превышает критическое значение, наблюдается *нестационарный* эффект Джозефсона. В этом случае на контакте возникает падение напряжения U и контакт начинает излучать электромагнитные волны с частотой $\omega = 2eU/\hbar$.

Известно, что излучать электромагнитные волны может только переменный ток. Именно такой ток течет через контакт при постоянном напряжении U на контакте. Квантовое объяснение излучения состоит в том, что электронная пара при прохождении через контакт приобретает энергию $2eU$, которая является избыточной по отношению к энергии основного состояния сверхпроводника. Возвращаясь в основное состояние, электронная пара излучает квант частоты $2eU/\hbar$.

В эффекте Джозефсона непосредственно проявляется важнейшее свойство сверхпроводника — согласованное поведение его электронов. Эффект Джозефсона нашел применение при создании уникальных по точности приборов для измерения малых токов (до 10^{-10} А), напряжений (до 10^{-15} В) и т. д.

План

1. Обнаружение эффекта Джозефсона.
2. Понятие контакта Джозефсона.
3. Стационарный эффект Джозефсона.
4. Нестационарный эффект.
5. Применение Эффекта Джозефсона.

Сложный назывной план

Прочитайте текст. Соотнесите смысловые части текста с пунктами приведенного ниже сложного назывного плана.

Геометрическая оптика

Длины воспринимаемых глазом световых волн очень малы (порядка 10^{-7}м). Поэтому распространение видимого света можно в первом приближении рассматривать, отвлекаясь от его волновой природы и полагая, что свет распространяется вдоль некоторых линий, называемых *лучами*. В предельном случае, соответствующем $\lambda \to 0$, законы оптики можно сформулировать на языке геометрии. В соответствии с этим раздел оптики, в котором пренебре-

гают конечностью длин волн, называется *геометрической оптикой*. Другое название этого раздела — *лучевая оптика*.

Основу геометрической оптики образуют четыре закона: 1) закон прямолинейного распространения света; 2) закон независимости световых лучей; 3) закон отражения света; 4) закон преломления света.

Закон прямолинейного распространения света утверждает, что *в однородной среде свет распространяется прямолинейно*. Этот закон является приближенным: при прохождении света через очень малые отверстия наблюдаются отклонения от прямолинейности, тем большие, чем меньше отверстие.

Закон независимости световых лучей утверждает, что *лучи при пересечении не возмущают друг друга*. Пересечения лучей не мешают каждому из них распространяться независимо друг от друга. Этот закон справедлив лишь при не слишком больших интенсивностях света. При интенсивностях, достигаемых с помощью лазеров, независимость световых лучей перестает соблюдаться.

Закон отражения света утверждает, что *отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точке падения; угол отражения равен углу падения.*

Закон преломления света утверждает, что *преломленный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точке падения; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных веществ.*

В основу геометрической оптики может быть положен принцип, установленный Ферма[6] в середине XVII столетия. Из этого принципа вытекают законы прямолинейного распространения, отражения и преломления света. В формулировке самого Ферма принцип гласит, что *свет распространяется по такому пути, для прохождения которого ему требуется минимальное время*.

План

I. Понятие геометрической оптики.

II. Четыре закона геометрической оптики.

---

[6] Пьер Ферма (1601 – 1665) — французский математик.

1. Закон прямолинейного распространения света
2. Закон независимости световых лучей.
3. Закон отражения света.
4. Закон преломления света.

III. Принцип Ферма.

Тезисный план

Прочитайте текст. Соотнесите смысловые части текста с пунктами данного тезисного плана.

Лазеры

В 50-х годах XX в. были созданы устройства, при прохождении через которые электромагнитные волны усиливаются за счет открытого Эйнштейном вынужденного излучения. В 1954 г. Басовым[7] и Прохоровым[8] и независимо от них Таунсом[9] были созданы первые молекулярные генераторы, работающие в диапазоне сантиметровых волн и получившие название *мазеров*. В 1960 г. Мейманом[10] был создан первый аналогичный прибор, работающий в оптическом диапазоне, — *лазер*. Лазеры называют также *оптическими квантовыми генераторами*.

Создание лазера стало возможным после того, как были найдены способы осуществления инверсной населенности уровней в некоторых веществах. В построенном Мейманом первом лазере рабочим телом был цилиндр из розового рубина. Диаметр стержня был примерно 1 см, длина — около 5 см. Торцы рубинового стержня были тщательно отполированы и представляли собой строго параллельные друг другу зеркала. Один торец покрывался плотным непрозрачным слоем серебра, другой торец — таким слоем серебра, который пропускал около 8 % упавшей на него энергии.

Рубин представляет собой оксид алюминия Al_2O_3, в котором некоторые из атомов алюминия замещены атомами хрома. В лазе-

[7] Николай Геннадиевич Басов (1922 – 2001) — советский физик. *Примеч. авт.*

[8] Александр Михайлович Прохоров (1916 – 2002) — советский физик. *Примеч. авт.*

[9] Чарлз Хард Таунс (р. в 1915 г.) — американский физик.

[10] Теодор Гарольд Мейман (1927 – 2007) — американский физик. *Примеч. авт.*

ре рубин освещается импульсной ксеноновой лампой, которая дает свет с широкой полосой частот. При достаточной мощности лампы большинство ионов хрома переводится в возбужденное состояние. Процесс сообщения рабочему телу лазера энергии для перевода атомов в возбужденное состояние называется *накачкой*. После каждого акта накачки возникает вспышка лазерного излучения, состоящая из ряда импульсов, общая продолжительность которых равна нескольким микросекундам. Лазеры на рубине работают в импульсном режиме (с частотой порядка нескольких импульсов в минуту). Внутри кристалла выделяется большое количество теплоты. Поэтому его приходится интенсивно охлаждать, что осуществляется с помощью жидкого воздуха.

В 1961 г. Джаваном[11] был создан первый газовый лазер, работающий на смеси гелия и неона. В 1963 г. были созданы первые полупроводниковые лазеры. В настоящее время список лазерных материалов насчитывает много десятков твердых и газообразных веществ.

Излучение лазеров отличается рядом замечательных особенностей. Для него характерны: 1) строгая монохроматичность; 2) высокая временная и пространственная когерентность; 3) большая интенсивность и 4) узость пучка. Угловая ширина генерируемого лазером светового пучка столь мала, что, используя телескопическую фокусировку, можно получить на лунной поверхности пятно света диаметром всего лишь 3 км. Большая мощность и узость пучка позволяют при фокусировке с помощью линзы получить плотность потока энергии, в 1000 раз превышающую плотность потока энергии, которую можно получить фокусировкой солнечного света. Пучки света со столь высокой плотностью мощности можно использовать для механической обработки и сварки, для воздействия на ход химических реакций и т. д.

Высокая когерентность излучения открывает широкие перспективы использования лазеров для целей радиосвязи, в частности для направленной радиосвязи в космосе. Также высокая когерентность лазерного пучка позволила осуществить такое замечательное явление, как голография.

---

[11] Али Джаван (р. в 1926 г.) — американский физик. Родился в Тегеране. В 1948 г. переехал в США.

План

1. Мазеры — первые молекулярные генераторы, работающие в диапазоне сантиметровых волн.

2. Лазер — прибор, работающий в оптическом диапазоне.

3. Создание лазера стало возможным после того, как были найдены способы осуществления инверсной населенности уровней в некоторых веществах.

4. Накачка — это процесс сообщения рабочему телу лазера энергии для перевода атомов в возбужденное состояние.

5. В 60-е годы XX в. были созданы газовый и полупроводниковые лазеры.

6. Излучение лазеров отличается рядом замечательных особенностей.

7. Лазеры используются в различных областях деятельности человека.

ТЕКСТЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Прочитайте текст.

Токи Фуко

Индукционные токи могут возбуждаться в сплошных массивных проводниках. В этом случае их называют *токами Фуко* или *вихревыми токами*. Электрическое сопротивление массивного проводника мало, поэтому токи Фуко могут достигать очень большой силы.

В соответствии с правилом Ленца токи Фуко выбирают внутри проводника такие пути и направления, чтобы своим действием возможно сильнее противиться причине, которая их вызывает. Поэтому движущиеся в сильном магнитном поле хорошие проводники испытывают сильное торможение, обусловленное взаимодействием токов Фуко с магнитным полем. Этим пользуются для демпфирования (успокоения) подвижных частей гальванометров, сейсмографов и других приборов. Причем электромагнитный успокоитель совершенно не препятствует точному приходу системы в положение равновесия.

Тепловое действие токов Фуко используется в индукционных печах. Такая печь представляет собой катушку, питаемую высокочастотным током большой силы. Если поместить внутрь катушки проводящее тело, в нем возникнут интенсивные вихревые токи, которые могут разогреть тело до плавления. Таким образом осуществляют плавление металлов в вакууме, что позволяет получать материалы исключительно высокой чистоты.

С помощью токов Фуко осуществляется также прогрев внутренних металлических частей вакуумных установок для их обезгаживания.

Во многих случаях токи Фуко бывают нежелательными, и приходится принимать для борьбы ними специальные меры. Так, например, чтобы предотвратить потери энергии на нагревание токами Фуко сердечников трансформаторов, эти сердечники набирают из тонких пластин, разделенных изолирующими прослойками. Пластины располагаются так, чтобы возможные направления токов Фуко были к ним перпендикулярными. Появление ферритов (полупроводниковых магнитных материалов с большим электрическим сопротивлением) сделало возможным изготовление сердечников сплошными.

Токи Фуко, возникающие в проводах, по которым текут переменные токи, направлены так, что ослабляют ток внутри провода и усиливают вблизи поверхности. В результате быстропеременный ток оказывается распределенным по сечению провода неравномерно — он как бы вытесняется на поверхность проводника. Это явление называется *скин-эффектом* (от английского skin — кожа) или *поверхностным эффектом.* Из-за скин-эффекта внутренняя часть проводников в высокочастотных цепях оказывается бесполезной. Поэтому в высокочастотных цепях применяют проводники в виде трубок.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите простой назывной план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Тлеющий разряд

Тлеющий разряд возникает при низких давлениях. Его можно наблюдать в стеклянной трубке длиной около 0,5 м с впаянными у концов плоскими металлическими электродами (рис. 1). На электроды подается напряжение порядка 10^3 В. При атмосферном давлении тока в трубке практически нет. Если понижать давление, то примерно при 50 мм рт. ст. возникает разряд в виде светящегося извилистого тонкого шнура, соединяющего анод с катодом. По мере понижения давления шнур утолщается и приблизительно при

5 мм рт. ст. заполняет все сечение трубки — устанавливается тлеющий разряд. Его основные части показаны на рис. 1. Вблизи катода располагается тонкий светящийся слой, называемый *катодной светящейся пленкой*. Между катодом и светящейся пленкой находится *астоново темное пространство*. По другую сторону светящейся пленки помещается слабо светящийся слой, по контрасту кажущийся темным и называемый *катодным* (или круксовым[12]) *темным пространством*. Этот слой переходит в светящуюся область, которую называют *тлеющим свечением*. Все перечисленные слои образуют катодную часть тлеющего разряда. С тлеющим свечением граничит темный промежуток — *фарадеево темное пространство*. Граница между ними размыта. Вся остальная часть трубки заполнена светящимся газом; ее называют *положительным столбом*. При понижении давления катодная часть разряда и фарадеево темное пространство расширяются, а положительный столб укорачивается. При давлении порядка 1 мм рт. ст. положительный столб распадается на ряд чередующихся темных и светлых изогнутых слоев — *страт*.

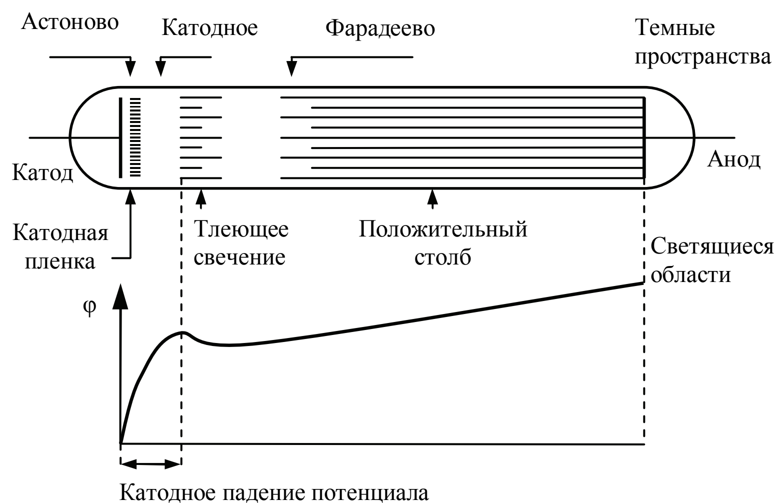


Рис. 1. Схема установки для демонстрации тлеющего разряда

[12] Уильям Крукс (1832 – 1919) — английский физик и химик.

Измерения, осуществленные с помощью зондов (тонких проволочек, впаянных в разных точках вдоль трубки), а также другими методами, показали, что потенциал изменяется вдоль трубки неравномерно (см. график на рис. 1). Почти все падение потенциала приходится на первые три участка разряда по катодное темное пространство включительно. Эту часть напряжения, приложенного к трубке, называют *катодным падением потенциала*. В области тлеющего свечения потенциал не изменяется — здесь напряженность поля равна нулю. Наконец, в фарадеевом темном пространстве и положительном столбе потенциал медленно растет. Такое распределение потенциала вызвано образованием в области катодного темного пространства положительного пространственного заряда, обусловленного повышенной концентрацией положительных ионов. Основные процессы, необходимые для поддержания тлеющего заряда, происходят в его катодной части.

Основные части разряда не существенны, они могут даже отсутствовать (при малом расстоянии между электронами или при низком давлении). Основных процессов два — вторичная электронная эмиссия из катода, вызванная бомбардировкой его положительными ионами, и ударная ионизация электронами молекул газа.

Положительные ионы, ускоренные катодным падением потенциала, бомбардируют катод и выбивают из него электроны. В астоновом темном пространстве эти электроны ускоряются электрическим полем. Приобретя достаточную энергию, они начинают возбуждать молекулы газа, в результате чего возникает катодная светящаяся пленка. Электроны, пролетевшие без столкновений в область катодного темного пространства, имеют большую энергию, вследствие чего они чаще ионизируют молекулы, чем возбуждают. Таким образом, интенсивность свечения газов уменьшается, но зато образуется много электронов и положительных ионов. Образовавшиеся ионы вначале имеют очень малую скорость. Поэтому в катодном темном пространстве создается положительный пространственный заряд, что приводит к перераспределению потенциала вдоль трубки и к возникновению катодного падения потенциала.

Электроны, возникшие в катодном темном пространстве, проникают в область тлеющего свечения, которая характеризуется высокой концентрацией электронов и положительных ионов и

суммарным пространственным зарядом, близким к нулю (плазма). Поэтому напряженность поля здесь очень мала. Благодаря высокой концентрации электронов и ионов в области тлеющего свечения идет интенсивный процесс рекомбинации, сопровождающийся излучением выделяющейся при этом энергии. Таким образом, тлеющее свечение есть в основном свечение рекомбинации.

Из области тлеющего свечения в фарадеево темное пространство электроны и ионы проникают за счет диффузии. Вследствие меньшей концентрации зараженных частиц вероятность рекомбинации в фарадеевом темном пространстве сильно падает. Поэтому фарадеево темное пространство кажется темным.

В фарадеевом темном пространстве уже имеется поле. Увлекаемые этим полем электроны постепенно накапливают энергию, так что в конце концов возникают условия, необходимые для существования плазмы. Положительный столб представляет собой газоразрядную плазму. Он выполняет роль проводника, соединяющего анод с катодными частями разряда. Свечение положительного столба вызвано в основном переходами возбужденных молекул в основное состояние. Молекулы разных газов испускают при таких переходах излучение разной длины волны. Поэтому свечение положительного столба имеет характерный для каждого газа цвет. Это обстоятельство используется в газосветных трубках для изготовления светящихся надписей и реклам. Эти надписи представляют собой не что иное, как положительный столб тлеющего разряда. Неоновые газоразрядные трубки дают красное свечение, аргоновые — синевато-зеленое и т. д.

Если постепенно уменьшать расстояние между электродами, катодная часть разряда остается без изменений, длина же положительного столба уменьшается, пока этот столб не исчезает совсем. В дальнейшем исчезает фарадеево темное пространство и начинает сокращаться протяженность тлеющего свечения, причем положение границы этого свечения с катодным темным пространством остается неизменным. Когда расстояние анода до этой границы становится очень малым, разряд прекращается. Если постепенно понижать давление, катодная часть разряда распространяется на все большую часть межэлектродного пространства, и в конце концов катодное темное пространство распространяется почти на весь сосуд. Свечение газа в этом случае перестает быть заметным, зато

стенки сосуда начинают светиться зеленоватым свечением. Большинство электронов, выбитых из катода и ускоренных катодным падением потенциала, долетает без столкновений с молекулами газа до стенок трубки и, ударяясь о них, вызывает свечение. По историческим причинам поток электронов, испускаемый катодом газоразрядной трубки при очень низких давлениях, получил название *катодных лучей*. Свечение, вызываемое бомбардировкой быстрыми электронами, называется *катодолюминесценцией*.

Если в катоде газоразрядной трубки сделать узкий канал, часть положительных ионов проникает в пространство за катодом и образует резко ограниченный пучок ионов, называемый *каналовыми* (или *положительными*) *лучами*. Именно таким способом были впервые получены пучки положительных ионов.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите тезисный план.***

Задание 2. ***Составьте и напишите конспект.***

Задание 3. ***Расскажите о тлеющем разряде, опираясь на рис. 1 и ваши записи.***

Прочитайте текст.

Дуговой разряд

В 1802 г. Петров[13] обнаружил, что при разведении первоначально соприкасающихся угольных электродов, подключенных к большой гальванической батарее, между электродами вспыхивает ослепительное свечение. При горизонтальном расположении электродов нагретый светящийся газ изгибается в виде дуги, в связи с чем открытое Петровым явление было названо *электрической дугой*. Сила тока в дуге может достигать огромных значений ($10^3 \ldots 10^4$ А) при напряжении в несколько десятков вольт.

Дуговой разряд может протекать как при низком (порядка нескольких миллиметров ртутного столба), так и при высоком (до 1000 атм) давлении. Основными процессами, поддерживающими

[13] Василий Владимирович Петров (1761 – 1834) — русский физик и электротехник.

разряд, являются термоэлектронная эмиссия с раскаленной поверхности катода и термическая ионизация молекул, обусловленная высокой температурой газа в межэлектродном пространстве. Почти все межэлектродное пространство заполнено высокотемпературной плазмой. Она служит проводником, по которому электроны, испущенные катодом, достигают анода. Температура плазмы составляет около 6000 К. В дуге сверхвысокого давления температура плазмы может достигать 10 000 К (напомним, что температура поверхности Солнца равна 5800 К). Вследствие бомбардировки положительными ионами катод раскаляется примерно до 3500 К. Анод, бомбардируемый мощным потоком электронов, разогревается еще больше. Это приводит к тому, что анод интенсивно испаряется и на его поверхности образуется углубление — кратер. Кратер является самым ярким местом дуги.

Дуговой разряд обладает падающей вольт-амперной характеристикой (рис. 2). Это объясняется тем, что при увеличении силы тока возрастают термоэлектронная эмиссия с катода и степень ионизации газоразрядного пространства. В результате сопротивление этого пространства уменьшается сильнее, чем возрастает ток. Кроме описанной выше термоэлектронной дуги (т. е. разряда, обусловленного термоэлектронной эмиссией с раскаленной поверхности катода), бывает *дуга с холодным катодом*. Катодом такой дуги служит обычно жидкая ртуть, налитая в баллон, из которого удален воздух. Разряд происходит в парах ртути. Электроны вылетают из катода за счет автоэлектронной эмиссии. Необходимое для этого сильное поле у поверхности катода создается положительным пространственным зарядом, образованным ионами. Электроны испускаются не всей поверхностью катода, а небольшим ярко светящимся и непрерывно перемещающимся катодным пятном. Температура газа в этом случае невелика. Ионизация молекул в плазме происходит, как и при тлеющем разряде, за счет электронных ударов.

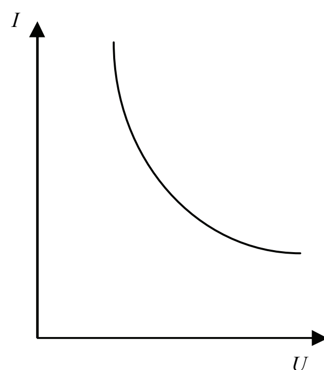


Рис. 2. График вольт-амперной характеристики дугового разряда

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите сложный назывной план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Искровой и коронный разряды

Искровой разряд возникает в тех случаях, когда напряженность электрического поля достигает пробивного для данного газа значения $E_{пр}$. Значение $E_{пр}$ зависит от давления газа; для воздуха при атмосферном давлении оно составляет около 3 МВ/м (30 кВ/см). С увеличением давления $E_{пр}$ возрастает. Согласно экспериментальному закону Пашена[14] отношение пробивной напряженности поля к давлению приблизительно постоянно:

$$\frac{E_{пр}}{p} \approx \text{const}.$$

Искровой разряд сопровождается образованием ярко светящегося извилистого, разветвленного канала, по которому проходит кратковременный импульс тока большой силы. Примером может служить молния; длина ее бывает до 10 км, диаметр канала — до 40 см, сила тока может достигать 100 000 А и более, продолжительность импульса составляет около 10^{-4} с. Каждая молния состоит из нескольких (до 50) импульсов, следующих по одному и тому же каналу; их общая длительность (вместе с промежутками между импульсами) может достигать нескольких секунд. Температура газа в искровом канале бывает до 10 000 К. Быстрый сильный нагрев газа приводит к резкому повышению давления и возникновению ударных и звуковых волн. Поэтому искровой разряд сопровождается звуковыми явлениями — от слабого треска при искре малой мощности до раскатов грома, сопровождающих молнию.

Возникновению искры предшествует образование в газе сильно ионизированного канала, получившего название *стримера*. Этот канал получается путем перекрывания отдельных электрон-

[14] Фридрих Пашен (1865 – 1947) — немецкий физик.

ных лавин, возникающих на пути искры. Родоначальником каждой лавины служит электрон, образующийся путем фотоионизации. Пусть напряженность поля такова, что электрон, вылетевший за счет какого-либо процесса из катода, приобретает на длине свободного пробега энергию, достаточную для ионизации. Поэтому происходит размножение электронов — возникает лавина. Коротковолновое излучение, испускаемое атомом, у которого при ионизации был вырван один из внутренних электронов, вызывает фотоионизацию молекул, причем образовавшиеся электроны порождают все новые лавины. После перекрывания лавин образуется хорошо проводящий канал — стример, по которому устремляется от катода к аноду мощный поток электронов — происходит пробой.

Если один из электродов (или оба) имеет очень большую кривизну (например, электродом служит тонкая проволока или острие), то при не слишком большом напряжении возникает так называемый *коронный разряд*. При увеличении напряжения этот разряд переходит в искровой или дуговой. При коронном разряде ионизация и возбуждение молекул происходит не во всем межэлектродном пространстве, а лишь вблизи электрода с малым радиусом кривизны, где напряженность поля достигает значений, равных или превышающих $E_{пр}$. В этой части разряда газ светится. Свечение имеет вид короны, окружающей электрод, чем и вызвано название этого вида разряда. Коронный разряд с острия имеет вид светящейся кисти, в связи с чем его иногда называют *кистевым разрядом*. В зависимости от знака коронирующего электрода говорят о положительной или отрицательной короне. Между коронирующим слоем и некоронирующим электродом расположена *внешняя область короны*.

Если оба электрода имеют большую кривизну (два коронирующих электрода), вблизи каждого из них протекают процессы, присущие коронирующему электроду данного знака. Оба коронирующих слоя разделяются внешней областью, в которой движутся встречные потоки положительных и отрицательных носителей тока. Такая корона называется двуполярной.

Толщина коронирующего слоя и сила разрядного тока растут с увеличением напряжения. При небольшом напряжении размеры короны малы и ее свечение незаметно. Такая микроскопическая

корона возникает вблизи острия, с которого стекает электрический ветер. Корона, появляющаяся под действием атмосферного электричества на верхушках корабельных мачт, деревьев и т. п., получила в старину название огней святого Эльма.

В высоковольтных устройствах, в частности в линиях высоковольтных передач, коронный разряд приводит к вредным утечкам тока. Поэтому приходится принимать меры для его предотвращения. С этой целью, например, провода высоковольтных линий берут достаточно большого диаметра, тем большего, чем выше напряжение линии.

Полезное применение в технике коронный разряд нашел в электрофильтрах. Очищаемый газ движется в трубе, по оси которой расположен отрицательный коронирующий электрод. Отрицательные ионы, имеющиеся в большом количестве во внешней области короны, оседают на загрязняющих газ частицах или капельках и увлекаются вместе с ними к внешнему некоронирующему электроду. Достигнув этого электрода, частицы нейтрализуются и оседают на нем. Впоследствии при ударах по трубе осадок, образованный уловленными частицами, осыпается в сборник.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите тезисный план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Задание 3. ***Подготовьте сообщение о видах разрядов (по текстам «Тлеющий разряд», «Дуговой разряд» и «Искровой и коронный разряды»).***

Прочитайте текст.

Голография

Голография (т. е. «полная запись», от греческих слов «голос» — весь, «графо» — пишу) есть особый способ фиксирования на фотопластинке структуры световой волны, отраженной предметом. При освещении этой пластинки (голограммы) пучком света зафиксированная на ней волна восстанавливается в почти первоначальном виде, так что при восприятии восстановленной волны глазом

зрительное ощущение бывает практически таким, каким оно было бы при наблюдении самого предмета.

Голография была изобретена в 1947 г. Габором[15]. Однако полное осуществление идеи Габора стало возможным только после появления в 1960 г. источников света высокой степени когерентности — лазеров. Исходная схема Габора была усовершенствована американскими физиками Э. Лейтом и Ю. Упатниексом[16], которые получили в 1963 г. первые лазерные голограммы. Советский физик Ю.Н. Денисюк[17] предложил в 1962 г. оригинальный метод фиксирования голограмм на толстослойной эмульсии. Этот метод, в отличие от голограмм на тонкослойной эмульсии, дает цветное изображение предмета.

Изображение предмета, даваемое голограммой, является объемным. На него можно смотреть из разных положений. Если голограмму расколоть на несколько кусков, то каждый из них при просвечивании дает такую же картину, что и исходная голограмма. Однако чем меньшая часть голограммы используется для восстановления изображения, тем меньше его четкость. Это объясняется тем, что при уменьшении числа штрихов дифракционной решетки ее разрешающая сила уменьшается.

Возможные применения голограмм весьма разнообразны. Например, голографическое кино и телевидение, голографический микроскоп, контроль качества обработки изделий. В литературе можно встретить утверждение, что изобретение голографии можно сравнить по его последствиям с созданием радиосвязи.

Задание 1. ***Выделите основные положения и напишите конспект.***

Задание 2. ***Составьте и напишите планы разных типов.***

Задание 3. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

---

[15] Деннис Габор (1900 – 1979) — физик. По национальности венгр, с 1927 г. в Германии, с 1934 г. в Великобритании, с 1967 г. в США.

[16] Юрис Упатниекс (р. в 1936 г.) — американский физик латышского происхождения. *Примеч. авт.*

[17] Юрий Николаевич Денисюк (1927 – 2006) — советский физик. *Примеч. авт.*

Прочитайте текст.

Рассеяние света

С классической точки зрения процесс рассеяния света заключается в том, что свет, проходящий через вещество, вызывает колебания электронов в атомах. Колеблющиеся электроны возбуждают вторичные волны, распространяющиеся по всем направлениям. Это явление, казалось бы, должно при всех условиях приводить к рассеянию света. Однако вторичные волны являются когерентными, так что необходимо учесть их взаимную интерференцию.

Соответствующий расчет показывает, что в случае однородной среды вторичные волны полностью гасят друг друга во всех направлениях, кроме направления распространения первичной волны. Поэтому перераспределения света по направлениям, т. е. рассеяния света, не происходит.

Вторичные волны не погашают друг друга в боковых направлениях только при распространении света в неоднородной среде. Световые волны, дифрагируя на неоднородностях среды, дают дифракционную картину, характеризующуюся довольно равномерным распределением интенсивности по всем направлениям. Такую дифракцию на мелких неоднородностях называют *рассеянием света*.

Среды с явно выраженной оптической неоднородностью носят название *мутных сред*. К их числу относятся: 1) дымы, т. е. взвеси в газах мельчайших твердых частиц; 2) туманы — взвеси в газах мельчайших капелек жидкости; 3) взвеси или суспензии, образованные плавающими в жидкости твердыми частичками; 4) эмульсии, т. е. взвеси мельчайших капелек одной жидкости в другой, не растворяющей первую (примером эмульсии может служить молоко, представляющее собой взвесь капелек жира в воде); 5) твердые тела вроде перламутра, опалов, молочных стекол и т. п.

Даже тщательно очищенные от посторонних примесей и загрязнений жидкости и газы в некоторой степени рассеивают свет. Установлено, что причиной появления оптических неоднородностей являются в этом случае наблюдаемые в пределах малых объемов отклонения плотности от ее среднего значения. Это вызвано

беспорядочным движением молекул вещества, поэтому обусловленное им рассеяние света называется *молекулярным*.

Молекулярным рассеянием объясняется голубой цвет неба. Непрерывно возникающие в атмосфере, вследствие беспорядочного молекулярного движения, места сгущения и разрежения воздуха рассеивают солнечный свет. При этом голубые и синие лучи рассеиваются сильнее, чем желтые и красные, обусловливая голубой цвет неба. Когда Солнце находится низко над горизонтом, распространяющиеся непосредственно от него лучи проходят большую толщу рассеивающей среды, в результате чего они оказываются обогащенными большими длинами волн. По этой причине небо на заре окрашивается в красные тона.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и запишите сложный назывной план.***

Задание 2. ***Составьте и напишите конспект.***

Задание 3. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Эффект Вавилова — Черенкова

В 1934 г. Черенков[18], работавший под руководством Вавилова[19], обнаружил особый вид свечения жидкостей под действием γ-лучей радия. Вавилов высказал правильное предположение, что источником излучения служат быстрые электроны, создаваемые γ-лучами. Это явление получило название *эффекта Вавилова — Черенкова*. Его полное теоретическое объяснение было дано в 1937 г. Таммом[20] и Франком[21]. В 1958 г. работа Черенкова, Тамма и Франка была отмечена Нобелевской премией.

Согласно электромагнитной теории заряд, движущийся равномерно, не излучает электромагнитных волн. Однако, как показали Тамм и Франк, это справедливо лишь в том случае, если скорость v

---

[18] Павел Алексеевич Черенков (1904 – 1990) — советский физик.

[19] Сергей Иванович Вавилов (1891 – 1951) — советский физик.

[20] Игорь Евгеньевич Тамм (1895 – 1971) — советский физик.

[21] Илья Михайлович Франк (1908 – 1990) — советский физик.

заряженной частицы не превышает фазовую скорость c/n электромагнитных волн в той среде, в которой движется частица. При условии, что $v > c/n$, даже двигаясь равномерно, частица излучает электромагнитные волны. В действительности частица теряет энергию на излучение, вследствие чего движется с отрицательным ускорением. Но это ускорение является не причиной, а следствием излучения. Если бы потеря энергии за счет излучения восполнялась каким-либо способом, то частица, движущаяся равномерно со скоростью $v > c/n$, все равно была бы источником излучения.

Эффект Вавилова — Черенкова наблюдался экспериментально для электронов, протонов и мезонов при движении их в жидких и твердых средах. В излучении Вавилова — Черенкова преобладают короткие волны, поэтому оно имеет голубую окраску. Наиболее характерным свойством этого излучения является то, что оно испускается не по всем направлениям, а лишь вдоль образующих конуса, ось которого совпадает с направлением скорости частицы (рис. 3). Эффект Вавилова — Черенкова находит широкое применение в экспериментальной технике.

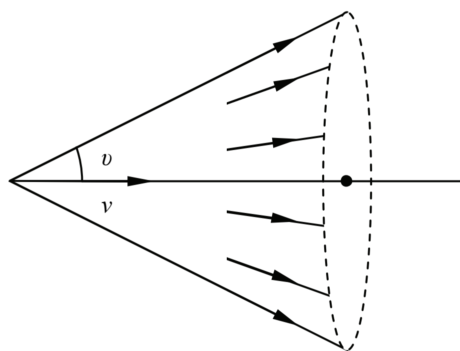


Рис. 3. Направление излучения Вавилова — Черенкова

В так называемых *счетчиках Черенкова* световая вспышка, порождаемая быстродвижущейся заряженной частицей, превращается с помощью фотоумножителя[22] в импульс тока. Для того чтобы за-

[22] Фотоумножителем называют электронный умножитель, первый электрод которого (фотокатод) способен испускать электроны под действием света.

ставить сработать такой счетчик, энергия частицы должна превысить пороговое значение, определяемое условием $v = c/n$. Поэтому черенковские счетчики позволяют не только регистрировать частицы, но и судить об их энергии. Удается даже определить угол между направлением вспышки и скоростью частицы, что дает возможность вычислить скорость (а следовательно, и энергию) частицы.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите тезисный план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи и рис. 3.***

Прочитайте текст.

Опыт Физо[23]

До сих пор мы предполагали, что источники, приемники и другие тела, относительно которых рассматривалось распространение света, неподвижны. Естественно заинтересоваться вопросом, как скажется на распространении света движение источника световых волн. При этом возникает необходимость указать, относительно чего происходит движение.

Первоначально волновая теория рассматривала свет как упругие волны, распространяющиеся в некой гипотетической среде, получившей название мирового эфира. После создания теории Максвелла на смену упругому эфиру пришел эфир — носитель электромагнитных волн и полей. Под этим эфиром подразумевалась особая среда, заполняющая, как и ее предшественник, упругий эфир, все мировое пространство и пронизывающая все тела. Раз эфир представлял собой некую среду, можно было рассчитывать обнаружить движение тел, например источников или приемников света, по отношению к этой среде. В частности, следовало ожидать существования «эфирного ветра», обдувающего Землю при ее движении вокруг Солнца.

В механике был установлен принцип относительности Галилея, согласно которому все инерциальные системы отсчета являются в

[23] Арман Ипполит Луи Физо (1819 – 1896) — французский физик.

механическом отношении равноправными. Обнаружение эфира сделало бы возможным выделение (с помощью оптических явлений) особенной (связанной с эфиром), преимущественной, абсолютной системы отсчета. Тогда движение остальных систем можно было бы рассматривать по отношению к этой абсолютной системе.

Таким образом, выяснение вопроса о взаимодействии мирового эфира с движущимися телами играло принципиальную роль. Можно было допустить три возможности: 1) эфир совершенно не возмущается движущимися телами; 2) эфир увлекается движущимися телами частично; 3) эфир полностью увлекается движущимися телами, например Землей, подобно тому, как тело при своем движении увлекает прилежащие к его поверхности слои газа. Однако последняя возможность опровергается существованием явления аберрации света. Мы знаем, что изменение видимого положения звезд может быть объяснено движением телескопа относительно системы отсчета (среды), в которой распространяется световая волна.

Для выяснения вопроса о том, увлекается ли эфир движущимися телами, Физо осуществил в 1851 г. следующий опыт. Параллельный пучок света от некоторого источника разделялся посеребренной полупрозрачной пластинкой на два пучка. За счет отражения от трех, расположенных определенным образом зеркал пучки, пройдя в общей сложности одинаковый путь, снова попадали на пластинку. Первый пучок (1) частично проходил через пластинку, второй (2) пучок частично отражался, в результате чего возникали два когерентных пучка, которые давали в фокальной плоскости зрительной трубы интерференционную картину в виде полос. На пути пучков были установлены две трубы, по которым могла пропускаться вода с определенной скоростью и в определенных направлениях. Луч 2 распространялся в обеих трубах навстречу току воды, луч 1 — по течению.

При неподвижной воде пучки 1 и 2 проходят определенный путь за одинаковое время. Если вода при своем движении хотя бы частично увлекает эфир, то при включении тока воды луч 2, который распространяется против течения, затратит на прохождение пути большее время, чем луч 1, распространяющийся по течению. В результате между лучами возникает некоторая разность хода, и интерференционная картина сместится. Таким образом, опыт Физо

показал, что эфир (если он существует) частично увлекается движущейся водой.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите конспект.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Тепловое излучение и люминесценция

Излучение телами электромагнитных волн (свечение тел) может осуществляться за счет различных видов энергии. Самым распространенным является *тепловое излучение*, т. е. испускание электромагнитных волн за счет внутренней энергии тел. Все остальные виды свечения, возбуждаемые за счет любого вида энергии, кроме внутренней (тепловой), объединяются под общим названием «люминесценция».

Окисляющийся на воздухе фосфор светится за счет энергии, выделяемой при химическом превращении. Такой вид свечения называется *хемилюминесценцией*. Свечение, возникающее в газах и твердых телах под воздействием электрического поля, называется *электролюминесценцией*. Свечение твердых тел, вызванное бомбардировкой их электронами, называют *катодолюминесценцией*. Свечение, возбуждаемое поглощаемым телом электромагнитным излучением, называется *фотолюминесценцией*.

Тепловое излучение имеет место при любой температуре, однако при невысоких температурах излучаются практически лишь длинные (инфракрасные) электромагнитные волны. Опыты показывают, что единственным видом излучения, которое может находиться в равновесии с излучающими телами (быть равновесным), является тепловое излучение. Все остальные виды излучения оказываются неравновесными.

Способность теплового излучения находиться в равновесии с излучающими телами обусловлена тем, что его интенсивность возрастает при повышении температуры. Допустим, что равновесие между телом и излучением нарушено и тело излучает энергии

больше, чем поглощает. Тогда внутренняя энергия тела будет убывать, что приведет к понижению температуры. Это в свою очередь обусловит уменьшение количества излучаемой телом энергии. Температура тела будет понижаться до тех пор, пока количество излучаемой телом энергии не станет равным количеству поглощаемой энергии. Если равновесие нарушится в другую сторону, т. е. количество излучаемой энергии окажется меньше, чем поглощаемой, температура тела будет возрастать до тех пор, пока снова не установится равновесие. Таким образом, нарушение равновесия в системе тело — излучение вызывает возникновение процессов, восстанавливающих равновесие.

Иначе обстоит дело в случае люминесценции. Покажем это на примере хемилюминесценции. Пока протекает обусловливающая излучение химическая реакция, излучающее тело все больше и больше удаляется от первоначального состояния. Поглощение телом излучения не изменит направления реакции, а, наоборот, приведет к более быстрому (вследствие нагревания) протеканию реакции в первоначальном направлении. Равновесие установится лишь тогда, когда будет израсходован весь запас реагирующих веществ и свечение, обусловленное химическими процессами, заменится тепловым излучением.

Итак, из всех видов излучения равновесным может быть только тепловое излучение. К равновесным состояниям и процессам применимы законы термодинамики. Поэтому тепловое излучение должно подчиняться некоторым общим закономерностям, вытекающим из принципов термодинамики.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите планы разных типов.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Фотоэффект

Фотоэлектрическим эффектом, или *фотоэффектом*, называется испускание электронов веществом под действием света. Это

явление было открыто Г. Герцем в 1887 г. Он заметил, что проскакивание искры между шариками разрядника значительно облегчается, если один из шариков осветить ультрафиолетовыми лучами.

В 1888 – 1889 гг. А.Г. Столетов[24] подверг фотоэффект систематическому исследованию с помощью установки, схема которой показана на рис. 4. Конденсатор, образованный проволочной сеткой и сплошной пластиной, был включен последовательно с гальванометром G в цепь батареи. Свет, проходя через сетку, падал на сплошную пластину. В результате в цепи возникал ток, регистрировавшийся гальванометром. На основании своих опытов Столетов пришел к следующим выводам: 1) наибольшее действие оказывают ультрафиолетовые лучи; 2) сила тока возрастает с увеличением освещенности пластины; 3) испускаемые под действием света заряды имеют отрицательный знак.

Спустя 10 лет (в 1898 г.) Ленард[25] и Дж.Дж. Томпсон, измерив удельный заряд испускаемых под действием света частиц, установили, что эти частицы являются электронами.

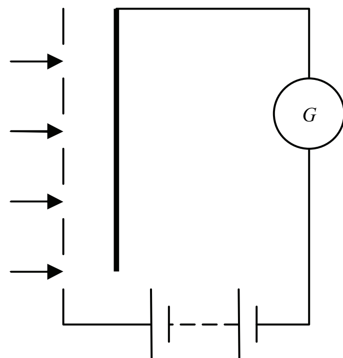


Рис. 4. Схема установки для исследования фотоэффекта

К 1905 г. было выяснено, что максимальная скорость фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от его частоты — увеличение частоты приводит к возрастанию скорости. В 1905 г. А. Эйнштейн показал, что все закономерности фотоэффекта легко объясняются, если предположить, что свет поглощается такими же порциями (квантами), какими он, по предположению Планка, испускается. По мысли Эйнштейна, энергия, полученная электроном, доставляется ему в виде кванта, который усваивается им целиком. Часть этой энергии, равная рабо-

[24] Александр Григорьевич Столетов (1839 –1896) — российский физик. *Примеч. авт.*

[25] Филипп Эдуард Антон Ленард (1862 – 1947) — немецкий физик.

те выхода[26], затрачивается на то, чтобы электрон мог покинуть тело. Если электрон освобождается светом не у самой поверхности, а на некоторой глубине, то часть энергии может быть потеряна вследствие случайных столкновений в веществе. Остаток энергии образует кинетическую энергию электрона, покинувшего вещество.

Фотоэффект и работа выхода в сильной степени зависят от состояния поверхности металла (в частности, от находящихся на ней оксидов и адсорбированных веществ). В 1916 г. был создан прибор, в котором исследуемые поверхности подвергались очистке в вакууме, после чего измерялась работа выхода и исследовалась зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света. Результаты подтвердили исследования Эйнштейна. Число высвобождаемых вследствие фотоэффекта электронов должно быть пропорционально числу падающих на поверхность квантов света. Вместе с тем световой поток определяется количеством квантов света, падающих на поверхность в единицу времени. В соответствии с этим ток насыщения должен быть пропорционален падающему световому потоку. Это также подтверждается экспериментально. Заметим, что лишь малая часть квантов передает свою энергию фотоэлектронам. Энергия остальных квантов затрачивается на нагревание вещества, поглощающего свет.

В рассмотренном выше явлении фотоэффекта электрон получает энергию от одного фотона. Такие процессы называются *однофотонными*. С изобретением лазеров были получены недостижимые до тех пор мощности световых пучков. Это дало возможность осуществить *многофотонные* процессы (в частности, *многофотонный фотоэффект*, в ходе которого электрон, вылетающий из металла, получает энергию не от одного, а от N фотонов).

Задание 1. ***Выделите основные положения и напишите конспект.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи и рис. 4.***

---

[26] *Работой выхода* называется наименьшая энергия, которую необходимо сообщить электрону для того, чтобы удалить его из твердого или жидкого тела в вакуум.

Прочитайте текст.

Необычные свойства микрочастиц

Микрочастицами называют элементарные частицы (электроны, протоны, нейтроны, фотоны и другие простые частицы), а также сложные частицы, образованные из сравнительно небольшого числа элементарных частиц (молекулы, атомы, ядра атома и т. п.).

Термин «микрочастица» отражает только одну сторону объекта, к которому он применяется. Всякий микрообъект (молекула, атом, электрон, фотон и т. д.) представляет собой образование особого рода, сочетающее в себе свойства и частицы, и волны. Может быть, правильнее было бы называть его «частицей-волной».

Микрообъект не способен воздействовать непосредственно на наши органы чувств — ни видеть, ни осязать его нельзя. Ничего подобного микрообъектам в воспринимаемом нами мире не существует. Поведение атомов не похоже на наш обыденный опыт, и поэтому к нему трудно привыкнуть. Весь непосредственный опыт человека прилагается к крупным телам. Мы знаем, что будет с большим предметом, но мельчайшие тела так не поступают. Поэтому, изучая их, приходится прибегать к различного рода абстракциям и не связывать их с нашим непосредственным опытом.

В доквантовой физике «понять» означало составить себе наглядный образ объекта или процесса. Квантовую физику нельзя понять в таком смысле слова. Всякая наглядная модель неизбежно будет действовать по классическим законам и поэтому непригодна для представления квантовых процессов. Поэтому самое правильное, что можно сделать, — это отказаться от попыток строить наглядные модели поведения квантовых объектов. Отличие микрочастицы от волны заключается в том, что она всегда обнаруживается как неделимое целое. Никто никогда не наблюдал, например, пол-электрона. В то же время волну можно разделить на части (например, направив световую волну на полупрозрачное зеркало) и воспринимать затем каждую часть в отдельности. Отличие микрочастицы от макрочастицы заключается в том, что она не обладает одновременно определенными значениями координаты и импульса, вследствие чего понятие траектории применительно к микрочастице утрачивает смысл.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите тезисный план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите текст, опираясь на план.***

Прочитайте текст.

Модели атомного ядра

Попытки построения теории ядра наталкиваются на две серьезные трудности: 1) недостаточность знаний о силах, действующих между нуклонами, 2) чрезвычайную громоздкость квантовой задачи многих тел (ядро с массовым числом А представляет собой систему из А тел). Эти трудности вынуждают идти по пути создания ядерных моделей, позволяющих описывать с помощью сравнительно простых математических средств определенную совокупность свойств ядра. Ни одна из подобных моделей не может дать исчерпывающего описания ядра. Поэтому приходится пользоваться несколькими моделями, каждая из которых описывает свою совокупность свойств ядра и свой круг явлений. В каждой модели содержатся произвольные параметры, значения которых подбираются так, чтобы получить согласие с экспериментом. Мы рассмотрим две модели — капельную и оболочечную.

Капельная модель предложена Я.И. Френкелем[27] в 1939 г. и развита затем Н. Бором и другими учеными. Френкель обратил внимание на сходство атомного ядра с капелькой жидкости, заключающееся в том, что в обоих случаях силы, действующие между составными частицами — молекулами в жидкости и нуклонами в ядре, — являются короткодействующими. Кроме того, практически одинаковая плотность вещества в разных ядрах свидетельствует о крайне малой сжимаемости ядерного вещества. Такой же малой сжимаемостью обладают и жидкости. Указанное сходство дало основание уподобить ядро заряженной капельке жидкости.

Капельная модель позволила вывести полуэмпирическую формулу для энергии связи частиц в ядре. Кроме того, эта модель по-

---

[27] Яков Ильич Френкель (1896 – 1952) — советский физик-теоретик. *Примеч. авт.*

могла объяснить многие другие явления, в частности процесс деления тяжелых ядер.

Оболочечная модель ядра была развита Марией Гёпперт-Майер[28] и другими учеными. В этой модели нуклоны считаются движущимися независимо друг от друга в усредненном центрально-симметричном поле. В соответствии с этим имеются дискретные энергетические уровни (подобные уровням атома), заполняемые нуклонами с учетом принципа Паули[29] (напомним, что спин нуклонов равен 1/2). Эти уровни группируются в *оболочки*, в каждой из которых может находиться определенное число нуклонов. Полностью заполненная оболочка образует особо устойчивое образование.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите сложный назывной план.***

Задание 2. ***Составьте и напишите тезисный план.***

Задание 3. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Ядерные силы

Огромная энергия связи нуклонов в ядре указывает на то, что между нуклонами имеется очень интенсивное взаимодействие. Это взаимодействие носит характер притяжения. Оно удерживает нуклоны на расстояниях 10^{-13} см друг от друга, несмотря на сильное кулоновское отталкивание между протонами. Ядерное взаимодействие между нуклонами получило название *сильного взаимодействия*. Его можно описать с помощью поля ядерных сил. Перечислим отличительные особенности этих сил.

1. Ядерные силы являются *короткодействующими*. Их радиус действия имеет порядок 10^{-13} см. На расстояниях, сущест-

---

[28] Мария Гёпперт-Майер (1906 – 1972) – американский физик.

[29] Вольфганг Паули (1900 – 1958) – швейцарский физик. В 1925 г. сформулировал принцип, согласно которому в одном и том же атоме (или в какой-нибудь другой квантовой системе) не может быть двух электронов (либо других частиц с полуцелым спином), обладающих одинаковой совокупностью квантовых чисел. Этот принцип называют также *принципом запрета* или *принципом исключения*.

венно меньших 10^{-13} см, притяжение нуклонов сменяется отталкиванием.

2. Сильное взаимодействие не зависит от заряда нуклонов. Ядерные силы, действующие между двумя протонами, протоном и нейтроном и двумя нейтронами, имеют одинаковую величину. Это свойство называется *зарядовой независимостью* ядерных сил.

3. Ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов. Так, например, нейтрон и протон удерживаются вместе, образуя ядро тяжелого водорода *дейтрон* (или *дейтон*) только в том случае, если их спины параллельны друг другу.

4. Ядерные силы не являются центральными. Их нельзя представлять направленными вдоль прямой, соединяющей центры взаимодействующих нуклонов. Нецентральность ядерных сил вытекает, в частности, из того факта, что они зависят от ориентации спинов нуклонов.

5. Ядерные силы обладают свойством насыщения (это означает, что каждый нуклон в ядре взаимодействует с ограниченным числом нуклонов). Насыщение проявляется в том, что удельная энергия связи нуклонов в ядре при увеличении числа нуклонов не растет, а остается примерно постоянной. Кроме того, на насыщение ядерных сил указывает также пропорциональность объема ядра числу образующих его нуклонов.

По современным представлениям, сильное взаимодействие обусловлено тем, что нуклоны виртуально обмениваются частицами, получившими название *мезонов*. Для того чтобы уяснить сущность этого процесса, рассмотрим прежде, как выглядит электромагнитное взаимодействие с точки зрения квантовой электродинамики.

Взаимодействие между заряженными частицами осуществляется через электромагнитное поле. Мы знаем, что это поле может быть представлено как совокупность фотонов. Согласно представлениям квантовой электродинамики процесс взаимодействия между двумя заряженными частицами, например электронами, заключается в обмене фотонами. Каждая частица создает вокруг себя поле, непрерывно испуская и поглощая фотоны. Действие поля на другую частицу проявляется в результате поглощения ею одного из фотонов, испущенных первой частицей. Такое описание взаимодействия нельзя понимать буквально. Фотоны, посредством ко-

торых осуществляется взаимодействие, являются не обычными реальными фотонами, а *виртуальными*. В квантовой механике виртуальными называются частицы, которые не могут быть обнаружены за время их существования. В этом смысле виртуальные частицы можно назвать воображаемыми.

В 1935 г. Юкава[30] высказал смелую гипотезу о том, что в природе существуют пока не обнаруженные частицы с массой, в 200–300 раз большей массы электрона, и что эти-то частицы и выполняют роль переносчиков ядерного взаимодействия, подобно тому как фотоны являются переносчиками электромагнитного взаимодействия. Юкава назвал эти гипотетические частицы тяжелыми фотонами. В связи с тем, что по величине массы эти частицы занимают промежуточное положение между электронами и нуклонами, они впоследствии были названы *мезонами* (греческое «мезос» означает средний).

В 1936 г. Андерсон[31] и Неддермейер обнаружили в космических лучах частицы с массой, равной $207m_e$. Вначале полагали, что эти частицы, получившие название μ-*мезонов*, или *мюонов*, и есть переносчики взаимодействия, предсказанные Юкавой. Однако впоследствии выяснилось, что мюоны очень слабо взаимодействуют с нуклонами, так что не могут быть ответственными за ядерные взаимодействия. Только в 1947 г. Пауэлл[32] и Оккиалини[33] открыли в космическом излучении еще один тип мезонов — так называемые π-*мезоны*, или *пионы*, которые оказались носителями ядерных сил, предсказанными за 12 лет до того Юкавой.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите конспект.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

---

[30] Хидэки Юкава (1907 – 1981) — японский физик.

[31] Карл Дейвид Андерсон (1905 – 1991) — американский физик. *Примеч. авт.*

[32] Сесил Франк Пауэлл (1903 – 1969) — английский физик.

[33] Джузеппе Паоло Станислао Оккиалини (1907 – 1993) — итальянский физик. *Примеч. авт.*

Прочитайте текст.

Методы регистрации элементарных частиц
(*начало*)

Элементарные частицы, а также сложные микрочастицы (α, d и т. п.) удается наблюдать благодаря тем следам, которые они оставляют при своем прохождении через вещество. Характер следов позволяет судить о знаке заряда частицы, ее энергии, импульсе и т. д. Заряженные частицы вызывают ионизацию молекул на своем пути. Нейтральные частицы следов не оставляют, но они могут обнаружить себя в момент распада на заряженные частицы или в момент столкновения с каким-либо ядром. Следовательно, в конечном счете нейтральные частицы также обнаруживаются по ионизации, вызванной порожденными ими заряженными частицами.

Приборы, применяемые для регистрации ионизирующих частиц, подразделяются на две группы. Первую группу образуют устройства, которые регистрируют факт пролета частицы и, кроме того, позволяют судить о ее энергии. Ко второй группе относятся *трековые приборы*, т. е. приборы, позволяющие наблюдать следы (треки) частиц в веществе. К числу регистрирующих приборов относятся *ионизационные камеры* и *газоразрядные счетчики*, а также *черенковские счетчики*, *сцинтилляционные счетчики* и *полупроводниковые счетчики*.

Действие сцинтилляционных счетчиков основано на том, что заряженная частица, пролетающая через вещество, вызывает не только ионизацию, но и возбуждение атомов. Возвращаясь в нормальное состояние, атомы испускают видимый свет. Вещества, в которых заряженные частицы возбуждают заметную световую вспышку (сцинтилляцию), называют *фосфóрами*. Сцинтилляционный счетчик состоит из фосфóра, от которого свет подается по специальному светопроводу к фотоумножителю. Импульсы, получающиеся на выходе фотоумножителя, подвергаются счету. Определяется также амплитуда импульсов (которая пропорциональна интенсивности световых вспышек), что дает дополнительную информацию о регистрируемых частицах.

Полупроводниковый счетчик представляет собой полупроводниковый диод, на который подается напряжение такого знака, что

основные носители тока оттягиваются от переходного слоя. Следовательно, в нормальном состоянии диод заперт. При прохождении через переходный слой быстрая заряженная частица порождает электроны и дырки, которые отсасываются к электродам. В результате возникает электрический импульс, пропорциональный количеству порожденных частицей носителей тока.

Счетчики часто объединяют в группы и включают так, чтобы регистрировались только такие события, которые отмечаются одновременно несколькими приборами либо, напротив, только одним из них. В первом случае говорят, что счетчики включены по *схеме совпадений*, во втором — по *схеме антисовпадений*.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите конспект.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Методы регистрации элементарных частиц
(*продолжение*)

К числу трековых приборов относятся камеры Вильсона, диффузионные камеры, пузырьковые камеры, искровые камеры и эмульсионные камеры.

Камера Вильсона. Этот прибор создан Вильсоном[34] в 1912 г. Дорожка из ионов, проложенная летящей заряженной частицей, становится видимой в камере Вильсона, потому что на ионах происходит конденсация пересыщенных паров какой-либо жидкости. Прибор работает не непрерывно, а циклами. Сравнительно короткое (0,1–1 с) время чувствительности камеры чередуется с мертвым временем (в 100–1000 раз бóльшим), в течение которого камера готовится к следующему рабочему циклу. Пересыщение достигается за счет внезапного охлаждения, вызываемого резким (адиабатическим) расширением рабочей смеси, состоящей из неконденсирующегося газа (гелия, азота, аргона) и паров воды, эти-

---

[34] Чарлз Томсон Рис Вильсон (1869 – 1959) — английский физик.

лового спирта и т. п. В этот же момент производится стереоскопическое (т. е. с нескольких точек) фотографирование рабочего объема камеры. Стереофотографии позволяют воссоздать пространственную картину зафиксированного явления. Так как отношение времени чувствительности к мертвому времени очень мало, приходится иногда делать десятки тысяч снимков, прежде чем будет зафиксировано какое-либо событие, обладающее небольшой вероятностью. Чтобы увеличить вероятность наблюдения редких явлений, используются управляемые камеры Вильсона, у которых работой расширительного механизма управляют счетчики частиц, включенные в электронную схему, выделяющую нужное событие. Если поместить камеру Вильсона между полюсами электромагнита, ее возможности сильно расширяются. По искривлению траектории, вызываемому действием магнитного поля, удается определить знак заряда частицы и ее импульс.

Диффузионная камера. Как и в камере Вильсона, рабочим веществом в диффузионной камере является пересыщенный пар. Однако состояние пересыщения создается не адиабатическим расширением, а в результате диффузии паров спирта от находящейся при температуре порядка 10 °C крышки камеры к охлаждаемому твердой углекислотой (температура –70 °C) дну. Недалеко от дна возникает слой пересыщенного пара, имеющий толщину несколько сантиметров. В этом слое и образуются треки. В отличие от камеры Вильсона диффузионная камера работает непрерывно.

Пузырьковая камера. В изобретенной Глазером[35] в 1952 г. пузырьковой камере пересыщенные пары заменены прозрачной перегретой жидкостью (т. е. жидкостью, находящейся под внешним давлением, меньшим давления ее насыщенных паров). Пролетевшая через камеру ионизирующая частица вызывает бурное вскипание жидкости, вследствие чего след частицы оказывается обозначенным цепочкой пузырьков пара — образуется трек. Пузырьковая камера, как и камера Вильсона, работает циклами. Запускается камера резким снижением (сбросом) давления, вследствие чего рабочая жидкость переходит в метастабильное перегретое состояние. В качестве рабочей жидкости, которая одновременно служит мишенью для пролетающих через нее частиц, применяется

[35] Дональд Артур Глазер (р. в 1926 г.) — американский физик.

водород, ксенон, пропан (C_3H_8) и некоторые другие вещества. Рабочий объем камер достигает 30 $м^2$.

Искровая камера. В 1957 г. Т. Краншау и Дж. де Биром был сконструирован прибор для регистрации траекторий заряженных частиц, названный искровой камерой. Прибор состоит из системы плоских параллельных друг другу металлических электродов. Электроды соединяются через один. Одна группа электродов заземляется, а на другую периодически подается кратковременный (длительностью 10^{-7} с) высоковольтный импульс (10–15 кВ). Если в момент подачи импульса через камеру пролетит ионизирующая частица, ее путь будет отмечен цепочкой искр, проскакивающих между электродами. Прибор запускается автоматически с помощью включенных по схеме совпадений дополнительных счетчиков, регистрирующих прохождение через рабочий объем камеры исследуемых частиц. Более совершенной разновидностью искровой камеры является *стримерная камера*. В этой камере высокое напряжение снимается раньше, чем успевает развиться полностью искра. Поэтому возникают лишь зародышевые искры, которые образуют отчетливый след.

Эмульсионная камера. Советские физики Л.В. Мысовский[36] и А.П. Жданов впервые применили для регистрации микрочастиц фотопластинки. Заряженные частицы оказывают на фотографическую эмульсию такое же действие, как и фотоны. Поэтому после проявления пластинки в эмульсии образуется видимый след (трек) пролетевшей частицы. Недостатком метода фотопластинок была малая толщина эмульсионного слоя, вследствие чего получались полностью лишь треки частиц, летящих параллельно плоскости слоя.

В *эмульсионных камерах* облучению подвергаются толстые пачки (массой до нескольких десятков килограммов и толщиной несколько сотен миллиметров), составленные из отдельных слоев фотоэмульсии (без подложки). После облучения пачка разбирается на слои, каждый из которых проявляется и просматривается под микроскопом. Для того чтобы можно было проследить путь частицы при переходе из одного слоя в другой, перед разборкой пачки на все слои наносится с помощью рентгеновских лучей одинаковая координатная сетка.

---

[36] Лев Владимирович Мысовский (1888 – 1939) — советский физик.

Задание 1. ***Выделите основные положения, напишите конспект.***

Задание 2. ***Опираясь на ваши записи, расскажите о методах регистрации и трековых приборах (по двум предыдущим текстам).***

Прочитайте текст.

Космические лучи

До создания мощных ускорителей заряженных частиц космическое излучение было единственным источником частиц с энергией, достаточной для образования мезонов и гиперонов. Позитрон, мюоны, π-мезоны и многие странные частицы были обнаружены в составе космических лучей.

Различают *первичные* и *вторичные космические лучи*. Первичные лучи представляют собой непрерывно падающий на Землю поток атомных ядер (в основном протонов) высокой энергии (в среднем около 10ГэВ, энергия отдельных частиц достигает 10^{10} ГэВ[37]). Частицы первичных космических лучей претерпевают неупругие столкновения с ядрами атомов в верхних слоях атмосферы, в результате чего возникает вторичное излучение. На высотах ниже 20 км космические лучи практически полностью носят вторичный характер. Во вторичном излучении встречаются все известные в настоящее время элементарные частицы.

Интенсивность первичных космических лучей на границе атмосферы (т. е. на высоте 50 км) составляет примерно 1 част./(см^2·с). Поток заряженных частиц на уровне моря равен в среднем $2\cdot10^{-2}$ част./(см^2·с). Существование магнитного поля Земли приводит к тому, что интенсивность космических лучей меняется с широтой. Это явление называется *широтным эффектом*.

С помощью приборов, установленных на искусственных спутниках Земли и космических ракетах, были открыты вблизи Земли *радиационные пояса*, которые представляют собой две окружающие Землю зоны с резко повышенной интенсивностью ионизирующего излучения. Их существование обусловлено захватом и

---

[37] Напомним, что 1 ГэВ (гигаэлектронвольт) равен 10^9 эВ.

удержанием заряженных космических частиц магнитным полем Земли. В плоскости экватора внутренний пояс радиации простирается от 600 до 6000 км, внешний пояс — от 20 000 до 60 000 км. На широтах 60 – 70° оба пояса приближаются к Земле на расстояние несколько сотен километров.

В составе вторичных космических лучей имеются два компонента. Один из них сильно поглощается свинцом и поэтому был назван *мягким*; второй же проникает через большие толщи свинца и получил название *жесткого*.

Мягкий компонент состоит из *каскадов*, или *ливней*, электронно-позитронных пар. Возникший в результате распада π^0-мезона или резкого торможения быстрого электрона γ-фотон, пролетая вблизи атомного ядра, создает электронно-позитронную пару (рис. 5). Торможение этих частиц снова приводит к образованию γ-фотонов и т. д. Процессы рождения пар и возникновения γ-квантов чередуются друг с другом до тех пор, пока энергия γ-фотонов не станет недостаточной для образования пар. Поскольку энергия первоначального фотона бывает очень большой, успевает возникнуть много поколений вторичных частиц, прежде чем прекращается развитие каскада.

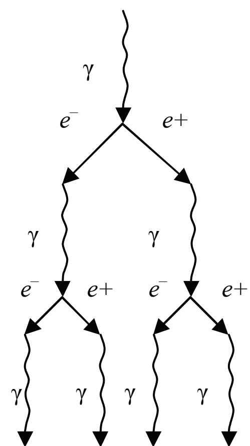


Рис. 5. Распад частиц вторичных космических лучей

Жесткий, проникающий компонент космических лучей состоит в основном из мюонов. Его образование происходит преимущественно в верхних и средних слоях атмосферы за счет распада заряженных π-мезонов.

С появлением ускорителей, позволяющих ускорять частицы до энергий в сотни гигаэлектронвольт, космические лучи утратили свое исключительное значение при изучении элементарных частиц. Однако они по-прежнему остаются единственным источником частиц сверхвысоких энергий.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите тезисный план.***

Задание 2. ***Устно воспроизведите основное содержание текста, опираясь на ваши записи.***

Прочитайте текст.

Великое объединение

Эйнштейн потратил много лет на то, чтобы единым образом описать гравитационное и электромагнитное взаимодействия. Однако его усилия не увенчались успехом. Идея Эйнштейна о единстве различных видов взаимодействий была реализована (хотя бы частично) спустя 30 лет после его смерти. Удалось объединить в рамках единой теории электромагнитное и слабое взаимодействия и разработать основы для построения единой теории электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий.

В конце 70-х годов XX в. Вайнберг[38], Глэшоу[39] и Салам[40] создали единую теорию *электрослабых* (т. е. электромагнитных и слабых) *взаимодействий*. Из этой теории вытекает, что переносчиками слабых взаимодействий является группа частиц, получивших название *промежуточных векторных*[41] *бозонов*[42]. В эту группу входят две заряженные частицы (W^+ и W^-) и одна нейтральная (Z^0) (W — первая буква английского слова weak — слабый). Таким образом, слабые взаимодействия подобны электромагнитным, переносчиками которых также являются векторные бозоны — фотоны. Теория позволила предсказать массы промежуточных бозонов.

Промежуточные бозоны были обнаружены в 1982 – 1983 гг. двумя группами физиков в ЦЕРНе (Европейская организация ядерных исследований, расположенная вблизи Женевы). Опыт проводился на протон-антипротонном коллайдере — ускорителе, в котором взаимодействуют встречные пучки протонов и антипротонов, каждый из которых ускорялся до энергии 270 ГэВ. В хорошем согласии с предсказаниями теории масса $W^{\pm}$-бозонов

---

[38] Стивен Вайнберг (р. в 1933 г.) — американский физик.

[39] Шелдон Глэшоу (р. в 1932 г.) — американский физик.

[40] Абдус Салам (1926 – 1996) — пакистанский физик-теоретик. *Примеч. авт.*

[41] *Векторными* называются частицы со спином, равным единице (и отрицательной четностью). *Примеч. авт.*

[42] *Бозоны* — частицы с целым или нулевым спином. *Примеч. авт.*

оказалась равной 81 ГэВ, а Z^0-бозона — 93 ГэВ (напомним, что масса нуклона равна примерно 1 ГэВ).

Промежуточные бозоны — нестабильные частицы, их время жизни составляет всего $3\cdot10^{-25}$ с. Несмотря на это, их рождение надежно устанавливается по природе и энергии продуктов распада. Мы знаем, что β-распад происходит за счет слабого взаимодействия. Следовательно, в нем должен участвовать промежуточный бозон.

Итак, теория электрослабого взаимодействия получила блестящее экспериментальное подтверждение. На очередь стало создание *большого объединения*, идея которого состоит в том, что сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия представляют собой различные проявления одного фундаментального взаимодействия, характеризуемого одной безразмерной константой.

Энергия, необходимая для прямой проверки теории большого объединения путем реакций между частицами (около 10^{15} ГэВ), столь велика, что вряд ли будет достигнута на ускорителях в обозримое время. Однако имеется способ косвенной проверки. Дело в том, что простейший вариант теории большого объединения предсказывает распад протона. Нестабильность протона (если она есть) крайне мала. Теоретические оценки времени жизни протона дают значение 10^{29} – 10^{30} лет (отметим, что время существования Вселенной порядка 10^{10} лет). Столь большое время жизни не исключает возможности экспериментальной проверки предсказания теории. Если время жизни составляет 10^{30}лет, то в одном кубическом метре воды должен в течение года распадаться один протон. Пока обнаружить распад протона не удалось. Из экспериментальных данных вытекает, что время жизни протона превышает 10^{31} лет. Попытки зарегистрировать распад протона продолжаются. Обнаружение нестабильности протона явилось бы блестящим подтверждением теории Великого объединения.

Задание 1. ***Выделите основные положения, составьте и напишите конспект.***

Задание 2. ***Опираясь на ваши записи, расскажите о Великом объединении.***

ГРАММАТИКА В ТАБЛИЦАХ
(НАУЧНЫЙ СТИЛЬ РЕЧИ)

Субъектно-предикатные отношения

Тема 1. *Квалификация и характеристика субъекта*

Квалификация субъекта — это отнесение его к другому, обычно более широкому понятию, выражаемому предикатом. Под характеристикой субъекта понимается указание его признака или свойства в предикате. Квалификация и характеристика субъекта чаще всего выражаются с помощью следующих конструкций:

что — (это) что **кто — (это) кто** им. п. (I) сущ. — им. п. (I) сущ.

Тепловое **излучение — (это) испускание** электромагнитных волн за счет внутренней энергии тел. — **Что такое** тепловое излучение?

Майкл Фарадей — английский **физик**. — **Кто такой** Майкл Фарадей?

кто-что был (будет) кем-чем им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.

М.В. Ломоносов был крупнейшим русским **ученым**. — **Кем был** М.В. Ломоносов?

кто-что является кем-чем им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.

Линза является простейшей центрированной оптической **системой**. — **Чем является** линза?

В научных определениях терминов чаще используются специальные конструкции:

что есть что
им.п. (I) сущ. им. п. (I) сущ.
кто-что называется кем-чем
им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.
кого-что называют кем-чем
вин. п. (IV) сущ. тв. п. (V) сущ.

Нейтрино есть единственная **частица**, которая не участвует ни в сильных, ни в электромагнитных взаимодействиях. — **Что есть (такое) нейтрино?**

Эта конструкция обычно употребляется в письменной научной речи.

Испускание электронов веществом под действием света **называется фотоэффектом**. — **Что называется фотоэффектом? / Как называется испускание** электронов веществом под действием света?

К.Э. Циолковского называют основоположником космонавтики. — **Кого называют основоположником** космонавтики? / **Как называют** Циолковского?

Конструкция **кто-что называется кем-чем** обозначает общепринятое название субъекта.

При описании субъекта употребляется следующая конструкция:

что представляет собой что
им. п. (I) сущ. вин. п. (IV) сущ.

Полупроводниковый счетчик представляет собой полупроводниковый **диод** … — **Что представляет собой** полупроводниковый счетчик?

Оптическая система представляет собой совокупность отражающих и преломляющих поверхностей, отделяющих друг от друга оптически однородные среды. — **Что представляет собой** оптическая система?

Следующая конструкция имеет оттенок условности при определении термина:

под чем понимается что
тв. п. (V) сущ. им. п. (I) сущ.
под чем понимают что
тв. п. (V) сущ. вин. п. (IV) сущ.

Под ядерной реакцией понимается (понимают) процесс сильного взаимодействия атомного ядра с элементарной частицей или с другим ядром, приводящий к преобразованию ядра. — **Что понимается (понимают) под ядерной реакцией?**

Следующая конструкция указывает на назначение субъекта:

что служит чем
им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.

Корпус счетчика служит катодом. — **Чем служит корпус счетчика?**

Следующая конструкция употребляется для выражения части целого при классификации предметов и явлений:

что делится на что
им. п. (I) сущ. вин. п. (IV)сущ.

Приборы, применяемые для регистрации ионизирующих частиц, **делятся на две группы.**

Следующие конструкции употребляются при описании свойств, признаков, качеств субъекта:

что отличается чем
им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.
что характеризуется чем
им. п. (I) сущ. тв. п. (V) сущ.

Закономерности движения отдельных микрочастиц **отличаются** многими **особенностями**.

Величины характеризуются числовым **значением** и **направлением**.

Тема 2. ***Образование существительных со значением действия***

Существительные со значением действия образуются от глаголов
1) с помощью суффиксов **-ени**, **-ани**, **-яни**:
  создать — создание
  изучить — изучение
  влиять — влияние
2) с помощью суффикса **-к**:
  установить — установка
3) с помощью суффиксов **-ти**, **-аци**:
  открыть — открытие
  деформировать — деформация
4) бессуффиксальным способом:
  запускать — запуск

Запомните чередование конечной согласной основы глагола:
  т/ч — све**т**ить — све**ч**ение
  т/щ — погло**т**ить — погло**щ**ение
  д/ж — сле**д**ить — сле**ж**ение
  д/жд — возбу**д**ить — возбу**жд**ение
  с/ш — повы**с**ить — повы**ш**ение
  з/ж — отра**з**ить — отра**ж**ение
  б/бл — углу**б**ить — углу**бл**ение
  в/вл — осущест**в**ить — осущест**вл**ение
  м/мл — офор**м**ить — офор**мл**ение
  п/пл — высту**п**ить — высту**пл**ение

Тема 3. ***Выражение действия в активном и пассивном оборотах речи***

Активный оборот речи	Пассивный оборот речи
В активных конструкциях субъект выражен существительным (местоимением) в им. п. (I), а объект выражен существительным в вин. п. (IV) без предлога.	В пассивных конструкциях субъект выражен существительным (местоимением) в тв. п. (V), а объект выражен существительным в им. п.

Активный оборот речи	Пассивный оборот речи
Предикат в активных конструкциях выражается переходным глаголом несовершенного и совершенного вида. Переходные глаголы обозначают действие, направленное на объект, и требуют дополнения в вин. п. (IV) без предлога: **знать** (*кого?*) **ученого**; **провести** (*что?*) **эксперимент**	Предикат в пассивных конструкциях выражен глаголом несовершенного вида с **-ся** или кратким страдательным причастием, образованным от глагола совершенного вида.
Я.И. Френкель предложил капельную **модель** атома. **Частица создает** вокруг себя **поле.**	Капельная **модель** атома **предложена Френкелем.** **Поле создается частицей.**

Активные конструкции могут соотноситься также с неопределенно-личными предложениями, в которых отсутствует субъект. В этом случае в пассивных конструкциях субъект также не упоминается.

Активный оборот речи	Пассивный оборот речи
Голографию применяют в кино и на телевидении. **Фотоэффект открыли** в 1887 г.	**Голография применяется** в кино и на телевидении. **Фотоэффект (был) открыт** в 1887 г.

Активную конструкцию можно заменить пассивной, и наоборот.

Тема 4. *Возможность, необходимость, долженствование действия*

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Возможность действия, зависящая от субъекта действия	**что-то может** + **инфинитив**	**Излучение** телами электромагнитных волн **может осуществляться** за счет различных видов энергии.

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Возможность действия, не зависящая от субъекта действия	**можно + инфинитив**	**Излучение можно характеризовать** вместо частоты ω длиной волны .
Необходимость действия	**дат. п. (III) + надо (нужно) + инфинитив**	**Нам нужно продолжить** идущий через центр линзы луч до пересечения его с фокальной плоскостью.
Усиленная необходимость действия	**дат. п. (III) + необходимо + инфинитив**	**Нам необходимо учесть** взаимную интерференцию вторичных волн.
Необходимость рекомендуемого действия	**дат. п. (III) + следует + инфинитив**	При решении данной задачи **нам следует пренебречь** некоторыми факторами.
Необходимость нежелательного действия	**дат. п. (III) + приходится (придется, пришлось) + инфинитив**	При решении этой задачи **нам приходится пренебрегать** некоторыми факторами.
Вынужденность действия	**им. п. (I) + вынужден (-а, -о, -ы) + инфинитив**	**Мы вынуждены пренебрегать** некоторыми факторами.
Категорическое долженствование действия	**им. п. (I) + должен (-а,-о, -ы) + инфинитив**	Энергия частицы **должна превысить** пороговое значение.
Обязательность действия	**им. п. (I) + обязан (-а, -о, -ы) + инфинитив**	**Студенты обязаны выполнять** все контрольные работы.

Тема 5. *Указание на порядок высказываний. Присоединение иллюстративного материала*

Порядок высказываний указывается с помощью следующих слов и словосочетаний:

1) в начале изложения — **приступим к, остановимся на, в первую очередь, прежде всего, начнем**;

2) в ходе изложения — **затем (далее), перейдем к вопросу (рассмотрению), встает (возникает) вопрос, кроме того, одновременно с этим, вместе с тем, во-первых, во-вторых**;

3) в конце изложения — **(и) наконец, в заключение, все это**.

Сегодня мы **приступим к** изучению основ квантовой теории. **Перейдем к рассмотрению** закономерностей. **В заключение отметим**, что явление сверхтекучести … .

К средствам присоединения иллюстративного материала относятся следующие слова и словосочетания: **так, например, к примеру, служить примером, приведем пример, проиллюстрируем примером, рассмотрим пример; сказал, говорит, пишет, утверждает, подчеркивает; пусть, допустим, представим, достаточно вспомнить (указать)** и т. д.

Допустим, что равновесие между телом и излучением нарушено … .

Пусть на элементарную площадку поверхности тела падает поток лучистой энергии … .

Примером служат туманы, суспензии, эмульсии … .

Тема 6. *Обозначение начала, продолжения и конца действия при помощи конструкций с глаголами несовершенного вида*

Характер действия	Конструкция		Пример
Начало действия	начинать — начать стать	+ инфинитив глагола несовершенного вида	Сила тока **начинает возрастать**. Мы **стали увеличивать** напряжение.
Продолжение действия	продолжать — продолжить		Сила тока **продолжает возрастать**.
Конец действия	заканчивать — закончить, прекращать — прекратить, переставать — перестать		Мы **закончили проводить** эксперимент. Сила тока **перестала возрастать**.

Тема 7. ***Выражение нежелательности, невозможности действия***

<table>
<tr><td colspan="2">Нежелательность, запрещение действия</td><td colspan="2">Невозможность действия</td></tr>
<tr><td>не надо
нельзя
не следует
не стоит
не полагается
не разрешается
запрещается</td><td>+ инфинитив глагола несовершенного вида</td><td>невозможно
нельзя</td><td>+ инфинитив глагола совершенного вида</td></tr>
<tr><td colspan="2">В условиях вакуума нельзя говорить о давлении одной части газа на другую.</td><td colspan="2">В рамках курса общей физики невозможно описать все имеющиеся модели ядра.</td></tr>
</table>

Тема 8. ***Выражение завершенности, результативности, последовательности действий***

Глаголы **совершенного вида** используются для выражения:

• завершенности, законченности действия (Камеру **запустили** резким снижением давления.);

• результативности действия (Рабочая жидкость **перешла** в метастабильное состояние.);

• последовательности протекания нескольких действий (**Окружим** излучающее тело оболочкой с идеально отражающей поверхностью. Воздух из оболочки **удалим**. Отраженное оболочкой излучение, упав на тело, **поглотится** им.).

Тема 9. ***Значения обстоятельства и способы их выражения***

I. ***Выражение пространственных значений***

Для обозначения **направления** действия используются конструкции с предлогами **в, на, внутрь, сквозь, через, по**:

• предлоги **в** и **на** при вопросе **куда? + вин. п. (IV)** указывают направление **внутрь** или **на поверхность**, а также страну, город, транспорт и т. п. (в трубку, в камеру; на трубку, на камеру; в Россию, в Москву; на такси и т. д.);

• предлог **внутрь** при вопросе **во что? + род. п. (II)** указывает направление движения **в середину, в пределы чего-либо** (внутрь сосуда);

• предлог **сквозь** при вопросе **сквозь что? + вин. п. (IV)** указывает направление движения **через внутреннюю часть чего-либо** (сквозь стекло, сквозь линзу);

• предлог **через** при вопросе **через что? + вин. п. (IV)** указывает направление движения **с одной стороны на другую** (через поверхность, через рабочую жидкость);

• предлог **по** при вопросе **по чему? + дат. п. (III)** указывает направление движения **по поверхности** (по стеклу, по оболочке).

Для обозначения **места** действия используются конструкции с предлогами **в, на, внутри, вне**:

• предлоги **в** и **на** при вопросе **где? + пр. п. (VI)** указывают место **внутри**, **на поверхности**, а также страну, город, транспорт и т. п. (в трубке, в камере; на трубке, на камере; в России, в Москве; на такси, на поезде и т. д.);

• предлог **внутри** при вопросе **где? + род. п. (II)** указывает место **в пределах, в середине** чего-либо (внутри сосуда, внутри камеры);

• предлог **вне** при вопросе **где? + род. п. (II)** указывает место **за пределами** чего-либо, **снаружи** (вне камеры, вне сосуда).

Для обозначения **взаиморасположения** предметов используются конструкции с предлогами **рядом с, среди, между**:

• предлог **рядом с** при вопросе **где? + тв. п. (V)** указывает место **около, вблизи** чего-либо, кого-либо (рядом с аудиторией, рядом с преподавателем);

• предлог **среди (посреди)** при вопросе **где? + род. п. (II)** указывает на место **в центре какого-либо пространства, на вхождение в число других предметов** (среди/посреди площади, среди других элементов);

• предлог **между** при вопросе **где? + тв. п. (V)** указывает на положение предмета **посередине** чего-либо (между пластинами, между электродами).

II. ***Выражение временных и условных значений***

Для обозначения **времени, совпадающего с действием**, используются конструкции с предлогами **в период, во время**, **в век**,

раз в … (месяц, год и т. п.), **в процессе**, **в ходе**, **при**, **в течение**, **в продолжение**, **за**, **на**.

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Обозначение периода, в пределах которого совершается действие	**в период + род. п. (II)** действий, охватывающих значительный период, типа **подготовка, развитие, создание** и т. д.	**В период создания** молекулярных генераторов… **В период подготовки** к эксперименту…
	во время + род. п. (II) действий, охватывающих короткий промежуток времени, типа **кипение, сжатие, ускорение** и т. д.	**Во время распада** ядер… **Во время сжатия** газа …
	в век + род. п. (II) названий, характеризующих особенности того или иного периода, типа **атом, космонавтика, электроника** и т. д.	**В век электроники** … **В век лазеров** …
	раз в + вин. п. (IV) употребляется при указании на **регулярную повторяемость действия** (**раз в год, раз в три месяца**)	**Раз в месяц** у студентов проходит рубежный контроль.
Обозначение периода, на протяжении которого совершается действие	**в процессе / в ходе + род. п. (II)** процессов, типа **анализ, наблюдение, проверка, реакция** и т. д.	**В ходе термоядерной реакции** … **В процессе фотографирования** …
	при + пр. п. (VI) процессов, типа **включение, вращение, исследование, колебание, увеличение** и т. д.	**При увеличении давления** … **При включении прибора** … Плазма, возникающая **при газовом разряде**, называется газоразрядной.

Окончание таблицы

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Обозначение периода, на протяжении которого совершается действие	**в течение / в продолжение + род. п. (II)** отрезков времени, типа **семестр, полугодие** и т. д.	**В течение нескольких десятилетий** ведется изучение … **В течение последующего времени** …
	за + вин. п. (IV) отрезков времени, типа **день, сутки, неделя** употребляется при указании на отрезок времени, который является сроком выполнения действия	**За неделю** до экзамена студенты должны представить текст реферата. **За сутки** до проведения опыта все составляющие и компоненты должны быть тщательно проверены.
	на + вин. п. (IV) отрезков времени, типа **час, период** употребляется при указании на срок, в течение которого сохраняется (совершается) результат действия	Камеру запустили **на указанное время**. Аккумулятор подключили для зарядки к сети **на два часа**.

Для обозначения **времени, не совпадающего с действием**, используются конструкции с предлогами **через, после**.

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Обозначение времени, по окончании которого совершается что-либо	**через + вин. п. (IV)** отрезков времени, типа **секунда**, **день**, **месяц**, **год** и т. д.	В ходе научного эксперимента **через** каждые **десять секунд** измеряли объем газа.
	после + род. п. (II) действий, после которых совершается другое действие, типа **вычисление, измерение, объяснение, повышение, рассмотрение**	**После измерения** длины волны рассчитали частоту электромагнитной волны … **После прохождения** через центр линзы …

Для обозначения **условно-временного значения** используются конструкции с предлогом **при**.

Конструкция **при + пр. п. (VI)** может обозначать условие с временным оттенком, при котором совершается действие. В этой конструкции употребляются названия процессов типа **вычисление, дифференцирование, падение, расширение**.

Любой луч **при прохождении** через центр линзы не изменяет своего направления.

При изотермическом **расширении** газа его давление падает.

Обозначение условного значения может также выражаться конструкцией с союзом **если …, (то) …** .

Если показатели преломления сред перед и за линзой неодинаковы, **(то)** узлы не совпадают с главными точками.

Если разность фаз возбуждаемых волнами колебаний остается постоянной во времени, **то** волны называются когерентными.

III. *Выражение причинных, следственных, целевых, уступительных значений и способа действия*

Для обозначения **причины и следствия** используются конструкции с предложными сочетаниями **под действием (под воздействием), под влиянием**; с предлогами **вследствие, в результате, в связи с, благодаря**; с союзами **вследствие того что, в результате того что, в связи с тем что**, **благодаря тому что**.

Конструкция	Пример
под действием (под воздействием) + род. п. (II) физических явлений типа **волна, поле, сила, удар** и т. д.	**Под действием фотонов** такой же длины волны переход ионов хрома из метастабильного состояния в основное происходит значительно быстрее, чем при спонтанном излучении.
под влиянием + род. п. (II) названий типа **вибрация, гравитация, давление, излучение** и т. д.	**Под влиянием сильного излучения** происходит изменение внутреннего строения кристалла.

Окончание таблицы

Конструкция	Пример
вследствие + род. п. (II) действий и процессов типа **движение, действие, изменение, повышение, понижение, преобразование** и т. д.	**Вследствие нарушения** симметрии изотопического пространства изотопический спин не сохраняется в электромагнитных взаимодействиях.
в результате + род. п. (II) действий и процессов типа **измерение, колебание, конденсация, ускорение, торможение** и т. д.	Ядра, возникающие **в результате** радиоактивного **превращения**, в свою очередь оказываются радиоактивными.
в связи с + тв. п. (V) действий и процессов типа **вычисление, переход, погружение, подъем, рост** и т. д.	Несамостоятельный разряд может возникнуть **в связи с воздействием** излучения радиоактивных веществ.
благодаря + дат. п. (III)	**Благодаря высокой когерентности** лазерного пучка стало возможным осуществить такое замечательное явление, как голография.

Простые предложения с конструкциями **вследствие + род. п. (II)**, **в результате + род. п. (II)**, **в связи с + тв. п. (V), благодаря + дат. п. (III)** могут быть трансформированы в сложные предложения с зависимой частью, имеющей значения **причины и следствия**. Эта трансформация осуществляется с помощью союзов **вследствие того что**, **в результате того что**, **в связи с тем что**, **благодаря тому что.**

Вследствие того что нарушается симметрия изотопического пространства, изотопический спин не сохраняется в электромагнитных взаимодействиях.

В результате того что энергия, привнесенная частицей α, за очень короткое время перераспределяется между всеми нуклонами ядра, это ядро оказывается в возбужденном состоянии.

Благодаря тому что лазерный пучок имеет высокую когерентность, стало возможным осуществить такое замечательное явление, как голография.

Значение **причины и уступки** могут выражаться деепричастным оборотом.

Деепричастный оборот может иметь значение причины.

Установив приборы на искусственных спутниках Земли и космических ракетах, ученые открыли вблизи Земли радиационные пояса.

Деепричастный оборот выражает значение уступки, если в главной части предложения содержится результат, следствие, противоположное тому, о чем говорится в деепричастном обороте.

Испытывая воздействие высоких давлений, кристалл сохраняет упорядоченное внутреннее строение.

Значение уступки может выражаться конструкциями с предлогом **несмотря на + вин. п. (IV)** и союзом **несмотря на то что**.

Несмотря на воздействие высоких давлений, кристалл сохраняет свое упорядоченное внутреннее строение.

Несмотря на то что с ветовые волны поперечны, они обычно не обнаруживают асимметрии относительно луча.

Значение **цели** может выражаться конструкциями с предлогом **для + род. п. (II)** и союзом **чтобы (для того чтобы)**.

Для регистрации микрочастиц ученые применили фотопластинки. — **Для того чтобы** зарегистрировать микрочастицы, ученые применили фотопластинки.

Для обозначения **способа совершения действия** используются конструкции типа **вычислить интегрированием (методом интегрирования)**, для обозначения **способа выражения, обозначения** чего-либо используются конструкций типа **выразить формулой (через напряженность, в виде кривых** и т. д.).

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Способ совершения действия	глагол типа **вычислить, получить + тв. п. (V)** процессов типа **нагревание, интегрирование**	Объем эллипсоида можно **вычислить интегрированием**.

Окончание таблицы

Выражаемое значение	Конструкция	Пример
Способ совершения действия	глагол типа **вычислить, получить + тв. п. (V)** слов типа **метод, путь, способ + род. п. (II)** процессов типа **интегрирование, нагревание**	Ионизированный канал (стример) можно **получить путем перекрытия** отдельных электронных лавин. Плотность тела можно **определить путем** его гидростатического **взвешивания**.
Способ выражения, обозначения чего-либо	глагол **выразить + тв. п. (V)** существительных типа **уравнение, формула** и т. д.	Аналитическую функцию **можно выразить рядом Тейлора.**
	глагол **выразить + вин. п. (IV)** существительных с предлогом **через** типа **через напряженность** и т. д.	Индукцию магнитного поля **можно выразить через** его **напряженность**.
	глагол **выразить + пр. п. (VI)** существительных с предлогом **в** типа **в амперах, в процентах, в частях** и т. д.	Электроемкость конденсатора обычно **выражается в пикофарадах или микрофарадах**. КПД принято **выражать в процентах**.
	глагол **выразить + род. п. (II)** существительных с предлогом **в виде** типа **в виде графика, в виде кривых** и т. д.	На диаграмме зависимость давления газа от его объема **можно выразить в виде кривых**.

Тема 10. ***Значения объекта и способы их выражения***

I. *Выражение значений прямого объекта*

Прямой объект обычно обозначает предмет, который воспринимается, создается (разрушается), изменяется в процессе действия, называемого переходным глаголом (**создать теорию**, **изменить структуру**, **передавать теплту**). Прямой объект выражается с помощью конструкций **переходный глагол + вин.п.(IV) без предлога**: **что создает (разрушает) что; что изменяет что**.

Всякий покоящийся **заряд изменяет свойства** окружающего его пространства.

При отрицании **НЕ** прямой объект выражается:

• **вин. п. (IV)** — конкретный предмет (**не разрушать ядро, не изменять температуру**);

• **род. п. (II)** — отвлеченные понятия (**не создать теории, не оказывать влияния**).

При существительных со значением действия, образованных от переходных глаголов, прямой объект выражается **род. п. (II)** (**создание теории, оказание влияния, изменение температуры**).

Для **исследования электрического поля** нужно воспользоваться некоторым «пробным» зарядом.

II. *Выражение значений непрямого объекта*

Непрямой объект выражается формой **вин. п. (IV) с предлогом** или формами **других падежей** (кроме им. п. (I)) **с предлогом и без предлога**.

Непрямой объект может обозначать:

• материал, составные части чего-либо в конструкциях типа **сделать из чего**, **построить из чего**, **состоять из чего** (Алмаз и графит **состоят из атомов** углерода. — **Из чего состоят** алмаз и графит?);

• вид, форму предмета в конструкциях типа **представить в виде чего**, **делать(ся) в виде чего**, **встречаться в виде чего**, **существовать в виде чего** (Веществом называют ту форму существо-

вания материи, в которой она **проявляет себя в виде частицы**, имеющей собственную массу.);

• основание для вывода, утверждения, классификации в конструкциях типа **делать вывод (заключение) из чего (на основании чего)**, **следовать из чего**, **вытекать из чего**, **устанавливать на основе чего**, **зависеть от чего**, **различать по чему** (**Вывод** о строении вещества **делают на основании** его физических и химических **свойств**.);

• предмет активного воздействия в конструкциях типа **влиять на что**, **действовать на что**, **работать над чем** (Данная сила **действует на** пробный **заряд**.);

• предмет, с которым устанавливается соответствие, сходство, связь, в конструкциях типа **соответствовать чему**, **удовлетворять чему**, **сопровождаться чем**, **совпадать с чем**, **взаимодействовать с чем** (Размерность электродвижущей силы **совпадает с размерностью** потенциала.);

• предмет, которого добиваются или от которого избавляются в конструкциях типа **добиваться чего**, **достигать чего**, **приводить к чему**, **стремиться к чему**, **абстрагироваться (отвлекаться) от чего**, **пренебрегать чем** (Решая задачу приближенно, **пренебрегают** некоторыми **факторами**, которые в данном случае несущественны.);

• класс, группу предметов, к которым что-либо относится в конструкциях типа **относиться к чему**, **принадлежать к чему** (Точка **относится к** основным **понятиям** геометрии.);

• предмет, указывающий на область распространения действия в конструкциях типа **возникать в чем**, **содержаться в чем**, **применяться в чем**, **ввести во что** (**В месте** попадания на экран электронного луча **возникает** ярко светящееся пятно.).

ГРАММАТИКА В ТАБЛИЦАХ И УПРАЖНЕНИЯХ (ОБЩЕЕ ВЛАДЕНИЕ ЯЗЫКОМ)

Тема 1. *Глаголы движения*

I. *Глаголы движения без приставок*

В русском языке глаголы движения можно разделить на две группы, различающиеся по употреблению:

Идти	Ходить
идти	ходить
ехать	ездить
лететь	летать
бежать	бегать
плыть	плавать
нести	носить
вести	водить
везти	возить

Глаголы группы **«идти»** употребляются для обозначения движения, которое происходит в одном направлении:

Студент **несет** учебники в библиотеку.

Спортсмен **бежит** к финишу.

Глаголы группы **«ходить»** употребляются для обозначения:

1) движения, которое происходит в разных направлениях.

Вчера мы много **ходили** по городу.

2) движения, которое повторяется (слова и сочетания: часто, обычно, всегда, каждый день, каждый год и т. п.).

Каждый день я **хожу** в университет.

Я часто **езжу** к бабушке в гости.

3) движения «туда и обратно» с указанием на пребывание в определенном месте (прошедшее время).

Вчера я **ходил** в театр (= **был** в театре).

Этим летом мы **ездили** на юг (= **были** на юге).

4) движения как характерного свойства, способности.

Птицы **летают**, а рыбы **плавают**.

Ребенок уже **ходит**.

II. *Глаголы движения с приставками*

Приставка	Значение	Пример
по-	начало движения; непродолжительное движение (= немного)	Мы **по**шли в кино. Мы **по**ходили около дома минут пять.
при-	прибытие на место назначения	Мой друг **при**ехал в Москву. Они **при**шли в университет.
у-	удаление на большое расстояние (на долгое время)	Мой друг **у**ехал из Москвы.
у-	удаление на большое расстояние (на долгое время)	Мой друг **у**ехал из Москвы.
в-(во-)	движение внутрь	Машина **в**ъехала во двор. Студенты **во**шли в аудиторию.
вы-	движение изнутри, отсутствие, удаление на небольшое расстояние (на короткое время)	Мы **вы**шли из магазина. Позвоните позже. Директор **вы**шел.
до-	движение до определенного места (достижение конечной цели движения)	Наконец, мы **до**шли до дома. Мы **до**ехали до университета на трамвае.
под-(подо-)	приближение к объекту	Мальчик **подо**шел к столу. Машина **под**ъехала к дому.
от-(ото-)	удаление от объекта (недалеко)	Преподаватель **ото**шел от доски. Автобус **от**ъехал от остановки.
про-	движение через (мимо объекта, сквозь объект); дистанция (время, за которое совершается действие)	Мы **про**шли через парк. Он **про**шел мимо меня и не поздоровался. Туристы **про**шли 20 километров.

Окончание таблицы

Приставка	Значение	Пример
про-	движение через (мимо объекта, сквозь объект); дистанция (время, за которое совершается действие)	Я **про**бежал 100 метров за 10 секунд.
пере-	движение с одной стороны на другую; изменение места	Мы **пере**шли улицу. Мы **пере**несли вещи из такси в дом. Студенты **пере**шли в другую аудиторию.
за-	ненадолго; движение вглубь; движение за предмет; начало движения	Я **за**шел к другу и взял у него конспект. Мы **за**шли в кафе. Собака **за**бежала за дом. Дети **за**бегали по школе.
об- **(обо-)**	движение вокруг объекта; последовательное прибытие в разные точки пространства	Мы **обо**шли вокруг дома. Мы **об**ъехали все магазины.

Задание 1. ***Напишите предложения. Вставьте глаголы*** *идти* ***или*** *ходить* ***с подходящими по смыслу приставками.***

1. Когда закончатся экзамены, мы … на практику. 2. У меня так сильно разболелась нога, что я с трудом … до университета. 3. Почему вы так поздно … домой? 4. Родители должны объяснить своим детям, как … улицу. 5. Если вы будете … мимо кинотеатра, посмотрите, какие фильмы там идут на этой неделе. 6. По пути домой мы часто … в кафе выпить кофе. 7. Дверь открылась, и в комнату … мальчик. 8. Около театра ко мне … молодой человек и спросил, нет ли у меня лишнего билета. 9. Саши нет дома, он … на работу. 10. Позвоните мне, когда будете … из дома. 11. Туристы … вокруг озера, … через лес и … на опушку леса.

Задание 2. ***Напишите предложения. Вставьте глаголы*** *нести****,*** *вести****,*** *везти* ***с подходящими по смыслу приставками.***

1. Чемодан был таким тяжелым, что я с трудом … его до машины. 2. Первого сентября ученики всегда … в школу цветы. 3. Я не могу войти в квартиру, потому что мой брат случайно взял

мои ключи и … их с собой. 4. На время ремонта мы … все вещи из этой комнаты в другую. 5. Мы купили новую мебель, а старую … на дачу. 6. Мама … в комнату вазу с цветами. 7. Он взял сумку и … ее к лифту. 8. Мой друг приехал в гости к своей подруге и … ей красивые розы. 9. Моя младшая сестра плохо себя почувствовала, и я … ее к врачу. 10. Сегодня вечером мы уезжаем в Киев и все вещи уже … на вокзал в камеру хранения.

Задание 3. ***Закончите предложения. Употребите подходящий по смыслу глагол движения.***

1. Мой друг пригласил меня на день рождения, и я … . 2. Я написал письмо родителям и … . 3. На следующей неделе я … . 4. Он увидел меня и … . 5. Мы шли по улице и увидели кафе, куда … . 6. Я открыл дверь и … . 7. Сегодня я … . 8. Мы поднялись на лифте на шестой этаж и … . 9. Они попрощались со всеми и … . 10. Я купил билеты на концерт и … .

Задание 4. ***Прочитайте текст. Употребите подходящие по смыслу глаголы движения.***

В прошлое воскресенье мы с друзьями должны были … в театр. Спектакль начинался в 7 часов. Мы … из дома в 5 часов, потому что мы не знали, сколько времени нам нужно будет, чтобы … до театра. Мы … к автобусной остановке и стали ждать автобус. Наконец подошел автобус. Мы сели и … . Мы … минут 15. Когда мы … до метро, мы … из автобуса и … в метро. Мы … в вагон и увидели там своих друзей, которые тоже … в театр. Все вместе мы … на улицу и … к театру. Когда мы … к театру, то увидели, что около театра никого нет. Мы поняли, что … очень рано. Но мы … в театр, разделись и … в буфет пить кофе.

Задание 5. ***Напишите текст. Используйте подходящие по смыслу глаголы движения.***

В прошлое воскресенье мы … за город. Мы … из дома в 7 часов утра. У моего друга есть машина, и он … за нами. Мы сели в машину и … . Сначала мы … по городу, потом … из города и … по шоссе. Мы … примерно час и … километров 60. Наконец мы … до красивого озера. День был очень жарким, и мы решили весь день провести на озере. Мы … из машины и … к воде. Мы … , ка-

тались на лодке, играли в волейбол, … в лес. В 8 часов вечера мы … обратно. В 10 часов вечера мы …домой.

Задание 6. *Напишите предложения. Вставьте глаголы* *ехать* ***или*** *ездить* ***с подходящими по смыслу приставками.***

1. Каждый день я … в университет на метро. 2. Вчера он … к своей подруге в гости. 3. Вчера мы были за городом. Когда мы … туда, шел дождь. 4. Прошлым летом мой друг … на море. В этом году он тоже … на море. 5. Каждую субботу мой друг … в библиотеку. Туда он … на автобусе, а обратно … на трамвае. 6. Когда мы … в Крым, мы обязательно возьмем с собой фотоаппарат — в прошлый раз мы его забыли дома.

Тема 2. *Причастия*

Причастие — это форма глагола, совмещающая в себе значения глагола и прилагательного. Причастия

• изменяются по падежам, как прилагательные (**исследуемая** проблема — **исследуемой** проблемы — **об исследуемой** проблеме);

• изменяются по родам и числам (**читающий** студент — **читающая** студентка — **читающие** студенты);

• сохраняют видовое и временное значения глагола (ученый, **изучающий** проблему — ученый, **изучивший** проблему).

Причастия делятся на активные и пассивные.

I. *Активные причастия настоящего времени*

Активные причастия настоящего времени образуются от глаголов несовершенного вида.

Инфинитив	Основа настоящего времени	Суффикс
читать	чита-ют	чита-**ющ**-ий (-ая, -ее, -ие)
рисовать	рисy-ют	рисy-**ющ**-ий (-ая, -ее, -ие)
давать	да-ют	да-**ющ**-ий (-ая, -ее, -ие)
писать	пиш-ут	пиш-**ущ**-ий (-ая, -ее, -ие)
говорить	говор-ят	говор-**ящ**-ий (-ая, -ее, -ие)

Окончание таблицы

Инфинитив	Основа настоящего времени	Суффикс
слышать	слыш-ат	слыш-**ащ**-ий (-ая, -ее, -ие)
лежать	леж-ат	леж-**ащ**-ий (-ая, -ее, -ие)
нести	нес-ут	нес-**ущ**-ий (-ая, -ее, -ие)
встречаться	встреча-ют-ся	встреча-**ющ-**ий-ся

Активное причастие можно заменить конструкцией со словом **который**. Слово **который** всегда стоит в форме им. п. (I).

Им. п. (I)	Это студент, **изучающий** русский язык.	**который изучает** русский язык
Род. п. (II)	У студента, **изучающего** русский язык, много друзей.	
Дат. п. (III)	Студенту, **изучающему** русский язык, нужно сдать экзамен.	
Вин. п. (IV)	Мы знаем студента, **изучающего** русский язык.	
Тв. п. (V)	Я познакомился со студентом, **изучающим** русский язык.	
Пр. п. (VI)	Преподаватель рассказал о новом студенте, **изучающем** русский язык.	

II. ***Активные причастия прошедшего времени***

Активные причастия прошедшего времени образуются от глаголов несовершенного и совершенного вида.

Инфинитив	Основа прошедшего времени	Суффикс
(про) читать говорить	(про) чита-л говори-л	(про) чита-**вш**-ий говори-**вш**-ий
нести привыкнуть	нес привык	нес-**ш**-ий привык-**ш**-ий
встретиться	встрети-л-ся	встрети-**вш**-ий-ся

Задание 1. ***Образуйте активные причастия настоящего времени от данных глаголов.***

Думать, знать, работать, слушать, возвращаться, заниматься, спрашивать, рассказывать, разговаривать, смотреть, рассматривать, открывать, закрывать, беседовать, действовать, петь.

Задание 2. ***Образуйте активные причастия настоящего времени от данных глаголов.***

Использовать, исследовать, жить, формироваться, развиваться, говорить, ездить, строить, идти, надеяться, молчать, способствовать, звать, называть, создавать, заботиться.

Задание 3. ***Образуйте активные причастия настоящего времени от данных глаголов.***

Следовать, держать, видеть, вставать, ехать, нравиться, искать, писать, смеяться, определять, происходить, сдавать, плыть, пренебрегать, нести, слышать.

Задание 4. ***Образуйте активные причастия прошедшего времени от данных глаголов.***

Думать — придумать, пренебрегать — пренебречь, выполнять — выполнить, опаздывать — опоздать, слушать — слышать, держать — сдержать, сдавать — сдать, создавать — создать, смотреть, открывать — открыть, определять — определить, происходить — произойти, нести, идти, петь.

III. *Пассивные причастия настоящего времени*

Пассивные причастия настоящего времени образуются от переходных глаголов несовершенного вида.

Инфинитив	Основа настоящего времени	Суффикс
читать	чита-ем	чита-**ем**-ый (-ая, -ое, -ые)
рисовать	рису-ем	рису-**ем**-ый (-ая, -ое, -ые)
проводить	провод-им	провод-**им**-ый (-ая, -ое, -ые)

Пассивное причастие можно заменить конструкцией со словом **который**. Слово **который** всегда стоит в форме винительного падежа.

Задача, **решаемая** студентом. Задача, которую решает студент.
Язык, **изучаемый** студентом. Задача, который изучает студент.

IV. ***Пассивные причастия прошедшего времени***

Пассивные причастия прошедшего времени образуются от переходных глаголов совершенного вида.

Инфинитив	Основа прошедшего времени	Суффикс
прочитать	прочита-л	прочита-**нн**-ый
получить	получи-л	получ-**енн**-ый
встретить	встрети-л	встреч-**енн**-ый (т/ч)
купить	купи-л	купл-**енн**-ый (п/пл)
закрыть	закры-л	закры-**т**-ый
решить	реши-л	реш-**енн**-ый

Запомните!
брать — берущий
жить — живущий
идти — идущий
ехать — едущий
бежать — бегущий
давать — даваемый

Причастный оборот — это причастие с зависимыми словами.

Первичные космические лучи представляют собой поток атомных ядер высокой энергии, **непрерывно падающий на Землю**. Поток атомных ядер высокой энергии, **который непрерывно падает на Землю**, называется первичными космическими лучами.

Причастия и причастные обороты придают высказыванию книжный характер, поэтому они часто используются в научном стиле речи.

Задание 1. ***Образуйте пассивные причастия настоящего времени от данных глаголов.***

Сдавать, слышать, решать, наблюдать, переводить, обсуждать, испытывать, использовать, видеть, посылать, организовывать, исследовать, заканчивать, критиковать, любить, производить.

Задание 2. ***Образуйте пассивные причастия прошедшего времени от данных глаголов.***

Сдать, услышать, решить, придумать, показать, испытать, перевести, обсудить, организовать, закончить, поставить, купить, встретить, закрыть, понять, выучить, наградить, запретить, изменить, стереть.

Задание 3. ***Используйте правильную форму указанных причастий.***

1. Студенты читают текст об ученых, … (созданный-создавший) первый спутник Земли. 2. Расписание, … (сделанный-сделавший) деканатом, висит на четвертом этаже. 3. Космос изучается с помощью спутников, … (созданный-создавший) учеными. 4. Студенты, … (выполненный-выполнивший) работу, могут идти на перерыв. 5. Работы, … (выполненный-выполнивший) студентами, должны быть сданы вовремя. 6. Профессор, … (пригласивший-приглашенный) в наш университет, читает лекции студентам III курса.

V. *Краткие пассивные причастия совершенного вида*

Краткие пассивные причастия образуются от соответствующих полных форм, изменяются по числам и родам, в предложении выполняют роль предиката:

исследованный — исследован (-а, -о,- ы)
созданный — создан (-а, -о, -ы)
полученный — получен (-а, -о, -ы)
решенный — решен (-а, -о, -ы)
открытый — открыт (-а, -о, -ы)
начатый — начат (-а, -о, -ы)

осуществленный — осуществлен (-а, -о, -ы)
изобретенный — изобретен (-а, -о, -ы)
изображенный — изображен (-а, -о, -ы)

Основные части тлеющего разряда **показаны** на рисунке. Измерения **осуществлены** с помощью зондов. Закон **сформулирован** следующим образом … .

Задание 1. ***Образуйте краткие пассивные причастия от данных глаголов.***

Сделать, закрыть, написать, проверить, организовать, прочитать, забыть, основать, рассказать, услышать, купить, послать, приготовить, совершить, выполнить, сократить.

Задание 2. ***Используйте нужную форму указанных причастий.***

1. Друг показал мне открытки, … (купленный-куплен) в Москве. 2. Вчера на занятии по химии студентам … (показанный-показан) опыт. 3. Эти примеры (взятые-взяты) из разных источников. 4. Студенты были на вечере, (организованный-организован) творческим коллективом университета. 5. Приказ (подписанный-подписан) ректором и лежит в красной папке. 6. Открытие, (сделанный-сделан) учеными, сыграло важную роль в развитии космонавтики.

Тема 3. *Деепричастия*

Деепричастие — это неизменяемая форма глагола, совмещающая в себе значения глагола и наречия. Оно поясняет, дополняет действия, выраженные глаголом. Деепричастия могут указывать на время (когда?), причину (почему?), условие (при каком условии?), при которых происходит основное действие.

Деепричастия могут быть несовершенного и совершенного вида (**знать — зная; узнать — узнав**).

Деепричастный оборот — это деепричастие с зависимыми словами. Ученые, **анализируя химический состав Солнца**, обнаружили новый элемент — гелий, который еще не был найден.

Деепричастия, образованные от глаголов несовершенного вида	Деепричастия, образованные от глаголов совершенного вида
Указывают на незаконченное действие, которое происходит одновременно с основным действием, выраженным глаголом	Указывают на законченное действие, предшествующее основному действию, выраженному глаголом, или на действие, следующее за основным
Студент **читал** статью **и делал** выписки (**Когда студент читал** статью, **он делал** выписки). — **Читая** статью, студент **делал** выписки.	Студент **прочитал** статью **и начал писать** конспект (**Когда студент прочитал** статью, **он начал писать** конспект). — **Прочитав** статью, студент **начал писать** конспект.

Образование деепричастий несовершенного вида

Инфинитив	Основа настоящего времени	Суффикс
читать	чита-**ют**	чита-**я**
рисовать	**рису-ют**	рису-**я**
идти	**ид-ут**	ид-**я**
учиться	**уч-ат**-ся	уч-**а**-сь
Запомните:		
да**ва**ть	да-ют	**дава-я**
узна**ва**ть	узна-ют	**узнава-я**
вста**ва**ть	вста-ют	**встава-я**

Образование деепричастий совершенного вида

Инфинитив	Суффикс
прочита-ть	прочита-**в**
увиде-ть	увиде-**в**
научи-ть-ся	научи-**вши**-сь

Задание 1. ***Образуйте деепричастия несовершенного и совершенного вида от данных глаголов.***

Знать, делать, работать, читать, вставать, сдавать, рассказывать, говорить, слышать, смотреть, переводить, исследовать, интересоваться, заниматься, учиться, встречаться; прочитать, встать, рассказать, узнать, сдать, встретить, заняться, встретиться, услышать, использовать, встретиться, прийти, зайти, принести, найти, изобрести.

Задание 2. ***Закончите предложения.***

1. Закончив работу, … . 2. Сдав экзамены, … . 3. Вернувшись домой, … . 4. Решив задачу, … . 5. Увидев преподавателя, … . 6. Услышав новости, … .

Задание 3. ***Закончите предложения.***

1. …, я обещал родителям часто звонить. 2. …, мы поздоровались. 3. …, друзья пошли домой. 4. …, я буду инженером. 5. …, он пошел на почту. 6. …, мой друг вышел из аудитории.

Тема 4. *Характер протекания действия. Виды глагола*

По характеру действия, по отношению к пределу действия различают глаголы несовершенного и совершенного вида.

Несовершенный вид (НСВ) выражает действие в процессе, без указания на предел, границу действия.

Совершенный вид (СВ) выражает действие в его целостности, ограниченное каким-либо пределом, с указанием на результат.

Глаголы НСВ выражают	Глаголы СВ выражают
Действие в его течении, процессе, неограниченном во времени (при словах и словосочетаниях, указывающих на продолжительность действия типа: минуту, час, целый день и т.д.); констатацию факта.	Законченное действие, имеющее результат.

Глаголы НСВ выражают	Глаголы СВ выражают
Студент **читал** доклад 10 минут. Вчера весь вечер мы **обсуждали** эту проблему. Вчера мы **сдавали** экзамен. Мы наблюдаем, как свет **падает** на сплошную пластину.	Студент **прочитал** доклад за 10 минут. Эту проблему мы уже **обсудили**. В результате в цепи **возник** ток.
Повторяемое, регулярное действие (при словах типа: обычно, часто, регулярно, каждый раз, как правило и т. д.). Плазма, как правило, **характеризуется** степенью ионизации α. Я регулярно **хожу** в бассейн в нашем спорткомплексе.	Единичное действие в данном конкретном случае (при словах типа: вдруг, неожиданно, внезапно, случайно и т.д.). **Рассмотрим** данный пример… . Для решения задачи **применили** эту теорему. Ко мне неожиданно **приехали** мои друзья.
Действия, протекающие одновременно. Между лучами **возникает** некоторая разность хода, и интерференционная картина **смещается**. Когда энергия частицы **превышает** пороговое значение, счетчик **срабатывает**.	Действия, совершающиеся последовательно. Когда энергия частицы **превысила** пороговое значение, счетчик **сработал**.

Основные способы образования видовых пар.

Глаголы СВ имеют приставки: **у-**, **с-**, **на-**, **вы-**, **по-**, **при-**, **про-**, **раз-**, **за-** .

НСВ	СВ
учить	**вы**учить/**на**учить
делать	**с**делать

Окончание таблицы

НСВ	СВ
ставить	**по**ставить
греть	**на**греть
делить	**раз**делить
считать	**про**считать

Глаголы НСВ и СВ имеют разные суффиксы.

НСВ -а-(-я-), -ыва-(-ива-), -ва-	СВ -и-, -ну-
прекращ**а**ть	прекрат**и**ть
поraж**а**ть	пораз**и**ть
придум**ыва**ть	придумать
сдавл**ива**ть	сдав**и**ть
да**ва**ть	дать
возник**а**ть	возник**ну**ть

Глаголы НСВ и СВ имеют разные основы.

НСВ	СВ
брать	взять
говорить	сказать
класть	положить
искать	найти
падать	упасть

Глаголы НСВ и СВ имеют изменения в основе.

НСВ	СВ
ложиться	лечь
садиться	сесть
выбирать	выбрать

Задание 1. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Учить, слушать, хвалить, улыбаться, ошибаться, нравиться, гулять, обедать, сердиться, брать, знать, читать, посылать, смотреть, работать.

Задание 2. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Класть, находить, ужинать, бегать, защищать, поздравлять, пугаться, загорать, писать, учиться, отдыхать, жаловаться, встречать, ложиться, готовить.

Задание 3. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Оставаться, сердить, случаться, просить, пугать, пить, хотеть, начинать, продолжать, заканчивать, собирать, встречаться, придумывать, пытаться, петь.

Задание 4. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Защищать, говорить, выбирать, погибать, соединять, решать, делать, думать, выпускать, покупать, давать, мыть, вспоминать, раздеваться, показывать.

Задание 5. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Возвращаться, собираться, проверять, переводить, звонить, играть, передавать, награждать, напоминать, бросать, изменять, вставать, дарить, включать, строить.

Задание 6. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Любить, открывать, заниматься, повторять, садиться, выключать, осматривать, курить, убирать, рассказывать, задавать, рисовать, ходить, кричать, проигрывать.

Задание 7. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Заходить, болеть, падать, спасать, замечать, опаздывать, закрывать, купаться, советоваться, вешать, ставить, мириться, знакомиться, понимать, прощаться.

Задание 8. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Замечать, указывать, здороваться, ссориться, договариваться, соглашаться, объяснять, помогать, сдавать, видеться, называть, принимать, выполнять, обсуждать, знакомить.

Задание 9. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Добиваться, жалеть, защищать, удивляться, тратить, сохранять, радоваться, просыпаться, достигать, заботиться, записывать, касаться, печатать,

Задание 10. ***Образуйте совершенный вид глаголов. Используйте все возможные формы и приставки. Определите значение получившихся глаголов. Составьте с ними предложения.***

Составлять, терять, успевать, расставаться, ждать, кушать, публиковать, вручать, приглашать, мирить, советовать, ехать, лететь, подниматься, спускаться.

МОДЕЛИ СКЛОНЕНИЯ СУЩЕСТВИТЕЛЬНЫХ И ПРИЛАГАТЕЛЬНЫХ

Существительные мужского рода на твердый согласный, на -ец (после согласной)

Число	Падеж	Твердый согласный	ец (после согласной)
Единственное число	им. п. (I)	физик институт	отец танец
	род. п. (II)	физика института	отца танца
	дат. п. (III)	физику институту	отцу танцу
	вин. п. (IV)	физика институт	отца танец
	тв. п. (V)	физиком институтом	отцом танцем
	пр. п. (VI)	о физике об институте	об отце о танце
Множественное число	им. п. (I)	физики институты	отцы танцы
	род. п. (II)	физиков институтов	отцов танцев
	дат. п. (III)	физикам институтам	отцам танцам
	вин. п. (IV)	физиков институты	отцов танцы
	тв. п. (V)	физиками институтами	отцами танцами
	пр. п. (VI)	о физиках об институтах	об отцах о танцах

Существительные мужского рода на -ь, -ж, -ш, -щ, -ч, -й, -ий

Число	Падеж	-ь	-ж, ш, щ, ч	-й	-ий
Единственное число	им. п. (I)	портфель преподаватель	нож товарищ	музей герой	комментарий
	род. п. (II)	портфеля преподавателя	ножа товарища	музея героя	комментария
	дат. п. (III)	портфелю преподавателю	ножу товарищу	музею герою	комментарию
	вин. п. (IV)	портфель преподавателя	нож товарища	музей героя	комментарий
	тв. п. (V)	портфелем преподавателем	ножом товарищем	музеем героем	комментарием
	пр. п. (VI)	о портфеле о преподавателе	о ноже о товарище	о музее о герое	о комментарии
Множественное число	им. п. (I)	портфели преподаватели	ножи товарищи	музеи герои	комментарии
	род. п. (II)	портфелей преподавателей	ножей товарищей	музеев героев	комментариев
	дат. п. (III)	портфелям преподавателям	ножам товарищам	музеям героям	комментариям
	вин. п. (IV)	портфели преподавателей	ножи товарищей	музеи героев	комментарии
	тв. п. (V)	портфелями преподавателями	ножами товарищами	музеями героями	комментариями
	пр.п.(VI)	о портфелях о преподавателях	о ножах о товарищах	о музеях о героях	о комментариях

Существительные среднего рода

Число	Падеж	Твердый согласный	Мягкий согласный	-ие
Единственное число	им. п. (I)	правило	поле	задание
	род. п. (II)	правила	поля	задания
	дат. п. (III)	правилу	полю	заданию
	вин. п. (IV)	правило	поле	задание
	тв. п. (V)	правилом	полем	заданием
	пр. п. (VI)	о правиле	о поле	о задании
Множественное число	им. п. (I)	правила	поля	задания
	род. п. (II)	правил	полей	заданий
	дат. п. (III)	правилам	полям	заданиям
	вин. п. (IV)	правила	поля	задания
	тв. п. (V)	правилами	полями	заданиями
	пр. п. (VI)	о правилах	о полях	о заданиях

Существительные женского рода на твердый и мягкий согласный, на -ия, на согласный + -ья, на гласный + -я

Число	Падеж	Твердый согласный	Мягкий согласный	-ия	Согласн. + -ья	Гласн. + -я
Единственное число	им. п. (I)	страна мама	земля тетя	линия	семья	стая
	род. п. (II)	страны мамы	земли тети	линии	семьи	стаи
	дат. п. (III)	стране маме	земле тете	линии	семье	стае
	вин. п. (IV)	страну маму	землю тетю	линию	семью	стаю
	тв. п. (V)	страной мамой	землей тетей	линией	семьей	стаей
	пр. п. (VI)	о стране о маме	о земле о тете	о линии	о семье	о стае

Число	Падеж	Твердый согласный	Мягкий согласный	-ия	Со-гласн. + -ья	Гласн. + -я
Множе-ствен-ное число	им. п. (I)	страны мамы	земли тети	линии	семьи	стаи
	род. п. (II)	стран мам	земель теть	линий	семей	стай
	дат. п. (III)	странам мамам	землям тетям	лини-ям	семь-ям	стаям
	вин. п. (IV)	страны мам	земли теть	линии	семьи	стаи
	тв. п. (V)	странами мамами	землями тетями	ли-ниями	семь-ями	стая-ми
	пр. п. (VI)	о странах о мамах	о землях о тетях	о ли-ниях	о семьях	о стаях

Существительные женского рода на -ь и существительные на -мя

Число	Падеж	-ь	-мя
Единственное число	им. п. (I)	жизнь лошадь мать	имя
	род. п. (II)	жизни лошади матери	имени
	дат. п. (III)	жизни лошади матери	имени
	вин. п. (IV)	жизнь лошадь мать	имя
	тв. п. (V)	жизнью лошадью матерью	именем

Число	Падеж	-ь	-мя
Единственное число	пр. п. (VI)	о жизни о лошади о матери	об имени
Множественное число	им. п. (I)	жизни лошади матери	имена
	род. п. (II)	жизней лошадей матерей	имен
	дат. п. (III)	жизням лошадям матерям	именам
	вин. п. (IV)	жизни лошадей матерей	имена
	тв. п. (V)	жизнями лошадями матерями	именами
	пр. п. (VI)	о жизнях о лошадях о матерях	об именах

Склонение имен прилагательных, причастий, местоимений-прилагательных, порядковых числительных

Число	Падеж	Мужской род	Женский род	Средний род
Единственное число	им. п. (I)	новый читающий который первый	новая читающая которая первая	новое читающее которое первое
	род. п. (II)	нового читающего которого первого	новой читающей которой первой	нового читающего которого первого

Число	Падеж	Мужской род	Женский род	Средний род
Единственное число	дат. п. (III)	новому читающему которому первому	новой читающей которой первой	новому читающему которому первому
	вин. п. (IV)	как в им. п. (I) или род. п. (II)	новую читающую которую первую	новое читающее которое первое
	тв. п. (V)	новым читающим которым первым	новой читающей которой первой	новым читающим которым первым
	пр. п. (VI)	о новом о читающем о котором о первом	о новой о читающей о которой о первой	о новом о читающем о котором о первом
Множествен-ное число	им. п. (I)	новые читающие которые первые		
	род. п. (II)	новых читающих которых первых		
	дат. п. (III)	новым читающим которым первым		
	вин. п. (IV)	как в им. п. (I) или род. п. (II)		
	тв. п. (V)	новыми читающими которыми первыми		
	пр. п. (VI)	о новых о читающих о которых о первых		

Склонение имен числительных

Один

Число	Падеж	Мужской род	Женский род	Средний род
Единственное число	им. п. (I)	один	одна	одно
	род. п. (II)	одного	одной	одного
	дат. п. (III)	одному	одной	одному
	вин. п. (IV)	как им. п. (I) или род. п. (II)	одну	одно
	тв. п. (V)	одним	одной	одним
	пр. п. (VI)	об одном	об одной	об одном
Множественное число	им. п. (I)	одни		
	род. п. (II)	одних		
	дат. п. (III)	одним		
	вин. п. (IV)	как им. п.(I) или род. п. (II)		
	тв. п. (V)	одними		
	пр. п. (VI)	об одних		

Два, две, три, четыре, пять — двадцать, тридцать

Падеж	Два (м.р. и ср.р.)	Две (ж.р.)	Три	Четыре	5 – 20, 30
им. п. (I)	два	две	три	четыре	десять
род. п. (II)	двух		трех	четырех	десяти
дат. п. (III)	двум		трем	четырем	десяти
вин. п. (IV)	как им. п. (I) или род. п. (II)		как им. п. (I) или род. п. (II)		десять
тв. п. (V)	двумя		тремя	четырьмя	деся-тью
пр. п. (VI)	о двух		о трех	о четырех	о де-сяти

50 – 80, 200 – 400, 500 – 900

Падеж	50 – 80	200 – 400	500 – 900
им. п. (I)	шестьдесят	триста	шестьсот
род. п. (II)	шестидесяти	трехсот	шестисот
дат. п. (III)	шестидесяти	тремстам	шестистам
вин. п. (IV)	шестьдесят	триста	шестьсот
тв. п. (V)	шестьюдесятью	тремястами	шестьюстами
пр. п. (VI)	о шестидесяти	о трехстах	о шестистах

40; 90; 100; 1,5

Падеж	40, 90, 100	1,5
им. п. (I), вин. п. (IV)	сорок, девяносто, сто	полтора, полторы
род. п. (II), дат. п. (III), тв. п. (V), пр. п. (VI)	сорока, девяноста, ста	полутора

Составные количественные числительные

Падеж	7 495
им. п. (I)	семь тысяч четыреста девяносто пять
род. п. (II)	семи тысяч четырехсот девяноста пяти
дат. п. (III)	семи тысячам четыремстам девяноста пяти
вин. п. (IV)	семь тысяч четыреста девяноста пять
тв. п. (V)	семью тысячами четырьмястами девяноста пятью
пр. п. (VI)	о семи тысячах четырехстах девяноста пяти

В составных количественных числительных изменяется каждое слово.

Дробные числительные

Падеж	1 1/5	2 2/7
им. п. (I)	одна целая и одна пятая	две целых и две седьмых
род. п. (II)	одной целой и одной пятой	двух целых и двух седьмых
дат. п. (III)	одной целой и одной пятой	двум целым и двум седьмым
вин. п. (IV)	одну целую и одну пятую	две целых и две седьмых
тв. п. (V)	одной целой и одной пятой	двумя целыми и двумя седьмыми
пр. п. (VI)	об одной целой и одной пятой	о двух целых и двух седьмых

При склонении дробных числительных изменяются обе части. Если в числителе стоит цифра 1, то для его обозначения употребляется форма женского рода — *одна*; порядковое числительное в знаменателе стоит в им. п. (I) женского рода: 1/2 — одна вторая, 1/6 — одна шестая. Если в числителе стоит цифра 2, то для его обозначения употребляется форма женского рода — *две*: 2/3 — две третьих, 2/5 — две пятых.

.

Задание 1. ***Закончите предложения.***

1. В эту сессию мне надо сдавать … . 2. Этот спортсмен часто участвует… . 3. Бабушка плохо видит и пользуется … . 4. Когда изучаешь … , надо запоминать … . 5. Дети радовались … . 6. Позвонил друг и напомнил … . 7. Мне хочется побывать … . 8. В этом городе мы прожили … . 9. Моя сестра надеется … . 10. У моего друга большие способности … . 11. В библиотеке я набрал … .

Задание 2. ***Закончите предложения.***

1. Мой стол всегда в порядке, потому что я убираю … . 2. Мой друг учится на последнем курсе и сейчас работает … . 3. Я разделяю … . 4. Реферат не готов, его надо дополнить … . 5. Это правило распространяется … . 6. В своей статье автор ссылается … .

7. В последнее время ученые заинтересовались … . 8. Я читаю все, что относится … . 9. Читая книги по теме моей дипломной работы, я выписываю … . 10. Я уже несколько лет переписываюсь … 11. Он победил в Олимпиаде, и мы рады … . 12. Я горжусь … .

Задание 3. ***Закончите предложения.***

1. Он много работал и добился … . 2. Я выбрал в подарок другу … . 3. На следующем семинаре я буду делать … . 4. Мне надо пришить … . 5. Он совершенно равнодушен … . 6. Мой друг много внимания уделяет … . 7. Эти события совершенно не волнуют … 8. Все верили … . 9. Я уважаю его, но не разделяю … . 10. Я придерживаюсь … . 11. Вчера было обсуждение … .

Задание 4. ***Закончите предложения.***

1. Эта книга переведена … . 2. Неудача сильно огорчила … . 3. Мне очень не хочется в разговоре касаться … . 4. Он плохой человек и способен … . 5. Зимой у нас холодно, мы ходим … . 6. У нее неприятности на работе, я сочувствую … . 7. Отказавшись помочь ему, ты поступил … . 8. По радио сообщили … . 9. Ученый не сразу пришел … . 10. Он полиглот, владеет … . 11. Он долго изучал русский язык и теперь свободно говорит … . 12. Меня удивляет его взгляд … .

Задание 5. ***Закончите предложения.***

1.У нее с детства было очень серьезное отношение … . 2. Я не мог найти нужную мне улицу и обратился … . 3. Я хорошо запомнил … . 4. В парке мы любовались … . 5. Дети играли, а мать любовалась … . 6. Недавно в нашей стране прошли выборы, избирали … .7. Родители гордятся … . 8. Вчера вечером я написал … . 9. Я отдал другу … . 10. Во время концерта певец исполнял … .

Задание 6. ***Закончите предложения.***

1. Ты ему можешь верить, потому что он всегда выполняет … . 2. Преподаватель объяснял студентам … . 3. Дети бегали, громко разговаривали и мешали … . 4. Я пошел к кассе, чтобы заплатить … . 5. Я подробно пересказал … . 6. Статья посвящена … . 7. Моя жизнь сложилась … . 8. Я разочаровался … . 9. Завтра Новый год, надо поздравить … . 10. Скоро экзамены, я должен готовиться … .

Задание 7. ***Закончите предложения.***

1. Я видел … вчера в университете. 2. Сегодня ко мне придут друзья, поэтому я должен купить … и приготовить … . 3. Он никогда не обманывает, всегда говорит … . 4. Я люблю дарить … . 5. Я попросил друга: «Дай мне, пожалуйста, …». 6. В университете изучают … . 7. Я не помню, куда положил … . 8. Вчера вечером я написал … . 9. Учительница объясняла детям … . 10. Я долго учил … и поэтому хорошо знаю … .

Задание 8. ***Закончите предложения.***

1. Я хорошо запомнил … . 2. Чтобы понять причины болезни, врач долго беседовал … и осматривал … . 3. Я отдал другу … . 4. Вчера я получил … . 5. Ты можешь ему верить, потому что он всегда выполняет … . 6. Я ничего не знаю о его отношении … . 7. Мария сказала: «Возьми, пожалуйста, … и передай … своему брату». 8. Я хочу позвонить другу и поблагодарить … . 9. У моего сына появился интерес … , надо купить ему ракетки и волан. 10. Дети похожи … . 11. Он очень добрый человек и не способен … .

Задание 9. ***Закончите предложения.***

1. Я часто получаю письма … . 2. Мой друг очень любит … . 3. Мой друг женился, и я … . 4. Его доклад посвящен … . 5. Летом я отдыхаю … . 6. Когда я гуляю по парку, я люблю смотреть … , наблюдать … . 7. Библиотека нашего университета насчитывает … . 8. Эти часы мне подарили … . 9. Наш успех во многом зависит … . 10. Она плохо себя чувствует и часто жалуется … .

Задание 10. ***Закончите предложения.***

1 Преподаватель жалуется … . 2. После встречи двух президентов должны наладиться отношения … . 3. Ученый не сразу пришел … . 4. У моего дуга хороший характер, поэтому он легко уживается … . 5. Я восхищаюсь … . 6. Мой друг с незнакомыми людьми держится … . 7. Ребенок опрокинул чашку, и чай вылился … . 8. Вчера президент официально заявил … . 9. Наш город считается … . 10. У моей подруги день рождения, и я хочу подарить … .

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

Книга для преподавателя к Учебнику русского языка для иностранных студентов I курса технических вузов СССР / В.И. Максимов, С.А. Хватов, В.А. Лукашев, Г.М.. Левина. М.: Рус. яз., 1990.

Учебник русского языка для иностранных студентов I курса технических вузов СССР / В.И. Максимов, С.А. Хватов, В.А. Лукашев, Г.М. Левина. М.: Рус. яз., 1990.

Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для втузов: В 5 кн. М.: Астрель; АСТ, 2004.

Хавронина С.А., *Широченская А.И.* Русский язык в упражнениях: Учеб. пособие. М.: Рус. яз., 2005.

Дополнительная литература

Величко А.В., *Башлакова О.И.* Какой падеж? Какой предлог? (Глагольное и именное управление в таблицах и упражнениях): Учеб. пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та; Лаком-книга, 2002.

Вишняков С.А. Русский язык как иностранный: Учеб. пособие. М.: Флинта; Наука, 2001.

Караванов А.А. Виды русского глагола: значение и употребление. Практическое пособие для иностранцев, изучающих русский язык. М.: Рус. яз. Курсы, 2004.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Учебное издание

Петрова Галина Михайловна
Курбатова Светлана Анатольевна
Соляник Ольга Евгеньевна

РУССКИЙ ЯЗЫК В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ
Часть 1

Редактор *Е.К. Кошелева*
Корректор *Г.С. Беляева*
Компьютерная верстка *С.А. Серебряковой*

Подписано в печать 27.10.2010. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 6,28. Изд. № 28. Тираж 500 экз. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5.